

Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Publisher: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:



Note de l'éditeur

-  [Préface](#)
-  [Avant-propos](#)
-  [1 Introduction](#)
-  [2 Rappels de données de base](#)
-  [3 Usages et production](#)
-  [4 Conclusions](#)
-  [5 Annexes](#)
-  [Couverture Arrière](#)

Note de l'éditeur

▲ [Top](#)

Cet ouvrage, mis en chantier il y a quelques années, sort finalement en 2003 comme une production de l'association internationale BEDIM consacrée au mini-élevage. Le choix du Conseil d'Administration s'est porté sur une formule très économique sans illustrations en pleines pages ni en couleurs. L'objectif est de faire connaître une nouvelle zootechnie: celle des insectes. On pourra dorénavant parler d'entomoculture, puisqu'on connaît la caviaculture pour les cochons d'Inde de boucherie, l'achatiniculture pour les escargots géants, la raniculture pour les grenouilles, etc.

Avec un prix fort bas grâce à la vente directe, l'ouvrage devrait être accessible aux utilisateurs visés: zootechniciens classiques, développeurs, techniciens de vulgarisation, formateurs, producteurs et tous les autres qui oeuvrent pour le développement des populations rurales dans les pays tropicaux. Tous les renseignements concernant l'achat de ce livre peuvent être obtenus au secrétariat technique de BEDIM, c/o FUSAGx, passage des Déportés, 2 B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail: goorickx.m@fsagx.ac.be

**Association internationale BEDIM
Bureau pour l'Échange et la Distribution de l'Information sur le Mini-
Élevage**

Titres déjà parus:

Le mini-élevage en milieu tropical (1992). Vidéo-cassette. VHS/PAL.

Existe aussi en anglais ou en espagnol. La présentation SECAM ou NTSC n'est disponible que si un tirage de 20 copies peut être effectué.

Prix: 7 euros (enlèvement à Gembloux) + 8 euros (frais de port).

Bulletin Semestriel d'Information sur le Mini-Élevage (1992 à ce jour). Semestrial Bulletin of Information on Minilivestock. Partie bilingue (anglais-français), partie en français ou en anglais, partie en espagnol; Survey of the literature.

Disponible par courrier électronique et sur le site web de BEDIM

Guides Techniques d'Élevage (8 pages R/V Din A5).

- N° 1. Mensah GA., Ekue MRM. (2002). L'aulacode.**
- N° 2. Codjia JTC, Noumonvi RG. (2002). Les escargots géants.**
- N° 3. Hardouin J. (2000). Les grenouilles.**
- N° 4. Cicogna M. (2000). Les cobayes.**
- N° 5. Edderaï D. (2000). Les athérures.**
- N° 6. Hellebaut F. (2001). Les vers de terreau.**
- N°7. Hardouin J., Dongmo T., Ekoue SK., Loa C, Malekani JM., Malukisa M. (2000). Les asticots.**
- N°8. Malekani JM. (2001). Les cricétomes.**

Disponibles en français uniquement, sur simple demande écrite.

Disponibles également par courrier électronique et sur le site web.

BEDIM. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de

**Gembloux. Bibliothèque. 2, passage des Déportés. 5030 Gembloux.
Belgique. goorickx.rn@fsagx.ac.be**

Paiement au nom de BEDIM, 4800 Verviers (Belgique)

Banque de la Poste: 000-0574065-19 (IBAN: BE 39-0000 5740 6519;

BIC communauté européenne: BPOTBEB1; BIC autres pays:

GEBABEBB)

Banque FORTIS: 001-2949595-95 (IBAN: BE76 0012 9495 9595;

BIC: GE BA BE BB)



**Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au
bénéfice de l'homme et de certains animaux**

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

**Publisher: Bureau pour l'Echange et la
Distribution de l'Information sur le**



Mini-Elevage (BEDIM)

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [!\[\]\(d328bb1c8b293dce97ce8ae48fe06a23_img.jpg\) Note de l'éditeur](#)
- [!\[\]\(de0615d88b2098828c20ab3d39ea2ef6_img.jpg\) Préface](#)
- [!\[\]\(6c3f3105811ec6ad9c7c82c1ac88875f_img.jpg\) Avant-propos](#)
- [!\[\]\(024fb6c2c3e2004cd99a0b34ebd984a9_img.jpg\) 1 Introduction](#)
- [!\[\]\(a018cbc70ca4f8300f04774122af480d_img.jpg\) 2 Rappels de données de base](#)
- [!\[\]\(9d74ec3f6ab0c3d629aa0a8c67d82133_img.jpg\) 3 Usages et production](#)
- [!\[\]\(f16666cbc983ee17ec649ea061345adb_img.jpg\) 4 Conclusions](#)
- [!\[\]\(ef7d002843ff699a9f84cbd5b9a6f4cf_img.jpg\) 5 Annexes](#)
- [!\[\]\(e53364276d2ffdb1a7163cef102a9465_img.jpg\) Couverture Arrière](#)

Préface

▲ [Top](#)

Le bagage culturel d'un zootechnicien formé dans les pays soi-disant développés se limite normalement, en ce qui concerne l'entomologie, à la connaissance de la biologie relative aux insectes vecteurs de maladies de l'homme ou des animaux, ou de ceux qui provoquent des dégâts aux cultures. Par voie de conséquence les moyens de combattre ces arthropodes sont alors également envisagés habituellement. Mais rien de plus.

Par contre, en ce qui concerne l'élevage des insectes et les possibilités offertes au secteur rural par ce secteur, la compétence d'un zootechnicien « traditionnel » englobe au maximum des notions d'apiculture et de sériciculture. Cette situation trouve son explication dans les temps anciens lorsque l'exploitation des abeilles et des vers à soie faisait partie de la tradition des pays tempérés. Jusqu'au début de la révolution industrielle, la sériciculture était déterminante pour le développement économique de vastes régions d'Europe.

Toutefois, dans de nombreuses zones tropicales et subtropicales, beaucoup d'autres espèces d'insectes représentent une importante ressource alimentaire protéique pour l'homme et certains animaux. Un usage en médecine traditionnelle existe également, tout comme l'utilisation de ces produits à des fins industrielles. Souvent, l'emploi

d'insectes à des fins alimentaires représente une contribution importante quoique méconnue des points de vue nutritionnel, économique et écologique pour les communautés rurales de ces régions.

Il est surprenant que la pratique de l'entomophagie, décrite déjà dans la Bible ainsi que par des auteurs de l'Antiquité grecque et romaine, se soit perdue dans le monde occidental. Bien plus, des préjugés culturels non justifiés ont entraîné progressivement une diminution d'emploi de ces ressources naturelles là où elles étaient courantes, provoquant souvent par la même occasion un appauvrissement des rations alimentaires.

D'autre part, les énormes possibilités offertes par l'élevage d'insectes ne constituent plus des informations insolites de voyageurs curieux. Aujourd'hui, les banques de données disposent d'informations abondantes provenant de travaux scientifiques qui illustrent les multiples possibilités d'emploi des insectes. Leurs caractéristiques nutritives par rapport aux besoins alimentaires de l'homme et des animaux sont également identifiées. D'autres travaux envisagent de mettre en évidence la possibilité d'employer les insectes comme aliments pour l'homme et de remplacer les farines

de poissons dans les rations en aviculture et en pisciculture, mais la composition en acides gras des poissons ne doit pas être négligée. Toutefois, il devenait nécessaire de disposer d'une synthèse consacrée à cet aspect intéressant du mini-élevage.

C'est réellement pour cette raison que je suis très heureux de présenter aux lecteurs un volume consacré à la «zootechnie» des insectes que j'aurais aimé pouvoir consulter lorsque, il y a une trentaine d'années, j'ai entamé l'aventure passionnante que constitue le travail d'un zootechnicien tropicaliste. Dans ce contexte, j'ai eu la bonne fortune de rencontrer le Professeur Jacques Hardouin et d'en apprécier la passion peu ordinaire, sa compétence ainsi que son expérience professionnelle. Une vivacité d'observation associée à une honnêteté intellectuelle rigoureuse et à un profond respect des autres s'ajoutaient à l'importance qu'il accordait aux habitudes des hommes rencontrés et à sa curiosité pour des espèces animales négligées par la zootechnie «classique», malgré leur importance évidente dans le monde rural tropical. Déjà alors, j'ai eu l'occasion d'entendre de sa propre voix certains des concepts développés dans ce volume, ce qui m'a beaucoup aidé à dépasser la conception sectorielle et traditionnelle de la zootechnie par une vision plus générale et moins académique de l'élevage. Une telle démarche est

en effet indispensable si l'on espère agir d'une manière correcte et globale dans le milieu tellement délicat du développement rural dans les régions tropicales.

En donnant une forme concrète à ses idées, Hardouin est devenu le promoteur du mini-élevage et a fondé l'association internationale BEDIM afin de faire connaître les énormes potentialités offertes par l'élevage de petites espèces animales ignorées jusqu'à ce jour par la production animale classique. C'est en plus un moyen élégant de favoriser un développement intégré et durable par un recours contrôlé de techniques traditionnelles d'élevage améliorées par les connaissances scientifiques du monde occidental.

La rédaction de ce texte a bénéficié de la collaboration de Guy Mahoux, autre zootechnicien tropicaliste, dont la grande expérience de terrain a permis de rester très près de la réalité en matière de formation et de vulgarisation. Son intérêt est en effet permanent pour l'amélioration des conditions de vie des petits agriculteurs ou des éleveurs dans les villages.

Les motivations qui sont à la base du texte dû à Mahoux et Hardouin se situent dans le droit-fil des préoccupations actuelles pour le

maintien de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources naturelles. Le livre fournit dès à présent la possibilité de tirer pleinement profit des énormes potentialités offertes par les innombrables ressources de la terre, grâce à l'association des connaissances scientifiques modernes et des innombrables us et coutumes en provenance des traditions culturelles.

Finalement, on trouve ici une belle manifestation de la capacité d'adaptation et du savoir-faire de l'homme.

Professeur Mario Cicogna

Ordinario di Zootecnia generale e

Miglioramento genetico nella Facoltà di

Agraria dell'Università degli Studi di Milano



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication 2003



date: **Number of pages:** **164**

Publisher: ***Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)***

ISBN: **0779-3642**

Copyright holder: ***Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)***

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)
- [1 Introduction](#)
- [2 Rappels de données de base](#)
- [3 Usages et production](#)
- [4 Conclusions](#)
- [5 Annexes](#)

 [Couverture Arrière](#)

Avant-propos

 [Top](#)

Le terme «élevage» se rapporte habituellement à des espèces animales domestiquées dont l'homme veut retirer certains avantages (viande, lait, œufs, travail, cuir, matières fertilisantes,...) en contrepartie desquels il s'oblige à fournir à ces animaux abri, protection, soins, nourriture. Les principales espèces animales concernées sont des ruminants (bovins, bubalins, ovins, caprins, camélins) et des monogastriques (porcs, volailles).

Dans les pays tropicaux, la particularité essentielle de la production animale est la très faible productivité pondérale par tête. En ce qui concerne la production d'équivalent carcasse (en kilos par an), si on compare les pays tropicaux aux pays développés, le rapport pour les bovins vivants et les petits ruminants est de 1 pour 6,5 et de 1 pour 2,5 respectivement. Pour la production laitière, ce rapport est de 1 pour 10 (*«L'élevage en pays tropicaux»* par J. PAGOT, éditions Maisonneuve & Larose, 1985).

Les zootechniciens se sont donc attachés et s'attachent toujours

dans ces pays à développer les productions animales par une modernisation et une intensification de l'élevage. Pourtant, le développement de ces productions animales «classiques» en zones tropicales ne cesse de se heurter à trois contraintes majeures: l'inflation, le déficit de la balance des paiements et la paupérisation du monde rural en relation avec l'exode rural. L'économie capitaliste n'est pas une panacée.

Celui qui passe sur les marchés des pays tropicaux va évidemment y trouver de la viande de bœuf, de porc ou de mouton mais il y découvre aussi des rats de brousse, des chauve-souris, des chenilles grillées, des aulacodes, des termites... Toutes ces espèces animales exploitées, et donc appréciées, ne font cependant l'objet que de chasse, braconnage ou cueillette. Il semblait dès lors logique de penser à une voie potentielle de développement contrôlé de ces espèces animales locales.

En d'autres mots, n'existe-t-il pas une réponse pour ceux qui préfèrent consommer un ragoût d'aulacode plutôt qu'une entrecôte de bœuf grillée ? Peut-on remplacer par un produit local une farine animale importée pour alimenter ses pintadeaux ? Ce type de démarche intellectuelle est préconisé depuis plusieurs années par

l'association internationale de droit belge «Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage» (BEDIM) et va précisément dans le sens d'une mise en valeur de ressources animales locales au bénéfice de l'homme, conformément à ses préférences et à ses souhaits, tout en respectant les équilibres naturels et l'environnement.

Parmi ces espèces, on peut citer certains escargots du genre *Helix* en Afrique du Nord, l'aulacode *Thryonomys* sp., le cricétome *Cricetomys* sp., des grenouilles, des escargots géants *Achatina* sp. et *Archachatina* sp., des chenilles ou des termites, voire des vers de terreau en Afrique sub-saharienne. Il ne faut pas oublier l'hydrochère *Hydrochaerus hydrocheris*, le vrai agouti *Agouti paca*, beaucoup d'autres rongeurs locaux, mais aussi des iguanes en Amérique latine, le tangue *Tenrec ecaudatus* et de très nombreux insectes, lézards ou caméléons dans les îles de l'Océan Indien ou du Pacifique.

Voilà très rapidement esquissé le secteur auquel s'est attaqué le mini-élevage que les zootechniciens classiques connaissent mal mais qui pourrait apporter des éléments de réponse à leurs problèmes sur le terrain.

C'est dans cette optique que deux ingénieurs agronomes issus de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, en Belgique, ont décidé de rassembler dans un petit ouvrage les données accumulées depuis quelques années sur les possibilités d'utilisation des insectes en élevage de rente. Ces deux zootechniciens spécialisés en élevage tropical ont voulu montrer qu'il est parfaitement possible d'améliorer la productivité des espèces animales classiques en introduisant des insectes dans leur alimentation.

L'éleveur progressiste, ouvert aux technologies appropriées, devra donc par exemple installer un élevage de termites pour nourrir mieux, plus économiquement et plus régulièrement ses pintadeaux. Ailleurs, les ressources locales justifieront la création d'élevages de papillons pour satisfaire une demande internationale. Ailleurs encore, des procédures très simples permettront de ravitailler les porcelets, les volailles, voire les poissons d'élevage avec des larves de mouches locales obtenues sous contrôle.

Les auteurs se portent garants vis-à-vis de leurs collègues que les techniques décrites dans cet ouvrage ont été ou sont utilisées. Il ne s'agit jamais de systèmes issus de l'imagination ou de la simple

réflexion. Ils ont délibérément voulu que ce volume ne soit pas confondu avec un ouvrage d'entomologie: ce livre a été conçu pour des zootechniciens œuvrant dans le milieu tropical et désireux de profiter des données relatives à l'élevage d'insectes pour des usages directs ou indirects par l'homme.

Dans certains cas en effet, l'homme consommera lui-même certains insectes comme il l'a toujours fait, ce qui ne veut pas dire que l'entomophagie sera recommandée à tous. La composition de la nourriture de l'homme fait partie de sa culture la plus profonde et les modifications qui surviennent à l'occasion doivent rester spontanées. Cependant, il n'est plus admissible de considérer comme archaïques ou barbares des pratiques auxquelles certains ne sont pas accoutumés. Est-il plus anormal de manger une chenille que de consommer une huître vivante ? Au lieu de dénigrer et étouffer des pratiques traditionnelles, il convient actuellement de les valoriser et surtout de ne pas s'encombrer d'idées préconçues.

La collecte d'informations, depuis plusieurs années, a bénéficié de l'aide constante de A. Roubinkova, ingénieur agronome, qui gère le Centre de documentation de la Bibliothèque centrale de la Faculté de Gembloux. Elle a droit aux remerciements très sincères des auteurs.

Un appui très apprécié, accompagné de commentaires ainsi que de rectifications et précisions scientifiques, a été assuré par Gaston Pierrard, ingénieur agronome de Gembloux, entomologiste compétent et fort réputé dans le monde tropical qu'il a parcouru pendant de nombreuses années. Qu'il soit ici remercié publiquement pour l'aide précieuse apportée.

Guy Mahoux Jacques Hardouin

Décembre 2002



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164



**Bureau pour l'Echange et la
Distribution de l'Information sur le
Mini-Elevage (BEDIM)**

ISBN: 0779-3642

**Copyright
holder:** Bureau pour l'Echange et la
Distribution de l'Information sur le
Mini-Elevage (BEDIM)

Contents:

- [!\[\]\(24180132e7ad141ac8d162de88314f32_img.jpg\) Note de l'éditeur](#)
- [!\[\]\(7535d9415afb5f4103c31b67c82b11da_img.jpg\) Préface](#)
- [!\[\]\(01a1dcee06d8f5c6f4bc87cbe36a7599_img.jpg\) Avant-propos](#)
- [!\[\]\(d52aade46281c841d8dc56accd1ea821_img.jpg\) 1 Introduction](#)
- [!\[\]\(6c8761d0f8faf034a1880b1850327e8f_img.jpg\) 2 Rappels de données de base](#)
- [!\[\]\(ecc99084c551b38ebd456f7b464b6bfe_img.jpg\) 3 Usages et production](#)
- [!\[\]\(cb65ee4b7fcb872501a8e5bb35f039b8_img.jpg\) 4 Conclusions](#)
- [!\[\]\(4ef96dc33b45819109b1ebc828549838_img.jpg\) 5 Annexes](#)
- [!\[\]\(0f28d5db8b6325dd17ba2651a461705a_img.jpg\) Couverture Arrière](#)

1 Introduction

1.1 Le mini-élevage

L'élevage d'insectes ne constitue pas une originalité ni une nouveauté pour les entomologistes qui ont mis au point depuis longtemps les techniques appropriées pour obtenir les espèces qui les intéressent. Il s'agit dans la plupart des cas de produire suffisamment d'individus pour mener à bien des études scientifiques qui nécessitent des analyses statistiques, et donc un grand nombre d'observations ou de mesures. Parfois aussi les élevages sont destinés à produire des insectes qui serviront à nourrir d'autres animaux soumis à expérimentation.

Plus récemment on a vu se développer la production d'insectes, agents de lutte biologique, qui seront relâchés dans la nature en grand nombre. Dans certains cas également, des insectes sont employés pour nourrir des animaux de compagnie ou de rapport. Enfin, des collectionneurs élèvent des insectes pour accroître leurs collections ou procéder à des échanges.

Les situations relevées ci-dessus concernent typiquement des

entomologistes amateurs ou professionnels. Le présent ouvrage est par contre consacré aux insectes susceptibles de faire l'objet d'un élevage à des fins orientées directement ou indirectement vers un revenu en nature ou en espèces. Cette dernière caractéristique s'appliquent parfaitement au mini-élevage mais ne suffit pas à le définir.

On peut en effet admettre aujourd'hui que le mini-élevage englobe toutes les espèces animales, en général de petite taille, qui font l'objet d'une utilisation quelconque par l'homme mais qui sont obtenues actuellement par cueillette (chasse, pêche, braconnage) alors qu'elles pourraient faire l'objet d'une production durable contrôlée par l'homme. Il s'agit toujours d'espèces bien connues sur le plan zoologique et biologique, exploitées de mémoire d'homme par les habitants de la région où ces animaux vivent, et faisant l'objet d'une demande importante et même souvent croissante.

Il n'est pas rare que les habitants aient tenté par le passé, et parfois réussi, l'élevage de jeunes individus capturés lorsqu'une femelle reproductrice suitée a été tuée. D'une manière générale, les espèces faisant partie du mini-élevage ne rentrent pas dans les diverses catégories d'animaux dont les techniques d'élevage ou les

pathologies sont intégrées aux programmes de formation des zootechniciens ou des vétérinaires.

Le terme «mini-élevage» est apparu en français vers 1985 après la parution aux États-Unis d'un ouvrage qui fait toujours référence intitulé «*Microlivestock / Little-known small animals with a promising economic future*»⁽¹⁾. Le terme «micro-élevage», traduction de «microlivestock», ne sera jamais employé en français dans le sens qui nous intéresse ici, où les espèces sont toujours macroscopiques, c'est-à-dire bien visibles à l'œil nu, quoique petites. «Micro-élevage» sera en effet réservé à la production de protéines animales à partir d'organismes microscopiques comme des bactéries par exemple. Un séminaire international tenu aux Philippines sur le mini-élevage des invertébrés⁽⁸⁾ confirmera l'usage des termes *mini-élevage / minilivestock*.

Quelques années plus tôt, on avait vu apparaître dans la littérature européenne la notion d'élevage *non-conventionnel* qui recouvrait des animaux aussi différents que les escargots, les rats de brousse, les chameaux de Bactriane, les guanacos, etc. L'appellation *non-conventionnel* étant tout à fait subjective car relative au milieu écologique et culturel de celui qui utilise le terme, elle a été

abandonnée progressivement et n'est plus utilisée actuellement.

Le mini-élevage regroupe donc des animaux appartenant à des catégories zoologiques très différentes mais qui ont tous en commun de pouvoir faire l'objet d'un élevage contrôlé pour le bénéfice de l'homme, et de ne pas être véritablement connus ou reconnus comme espèces à introduire dans des programmes de développement⁽⁵⁾. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une caractéristique éliminatoire, les espèces animales relevant du mini-élevage concernent presque toujours le milieu tropical.

À titre d'information, même si cet ouvrage est spécialement et uniquement consacré aux insectes dans le cadre du mini-élevage, il est bon de mentionner ici l'ensemble des groupes d'animaux qui sont encore trop mal connus bien qu'ils soient susceptibles de faire l'objet d'un élevage durable sans grands investissements et dans le respect de l'environnement puisqu'il s'agit toujours d'espèces locales.

Parmi les vertébrés, le groupe le plus important est sans doute celui des rongeurs; c'est aussi celui pour lequel les connaissances en matière de production sont les plus avancées. Une demande extrêmement importante existe pour la viande des divers rats de

brousse: en Afrique pour les aulacodes ou faux-agoutis *Thryonomys* ainsi que pour les cricétomes ou rats de Gambie *Cricetomys*, et en Amérique du Sud pour les capybaras ou «cochons d'eau» *Hydrochoerus*, les véritables agoutis ou «cotia» *Dasyprocta*, le mara *Dolichotis patagonum*, le paca *Agouti paca* et quelques autres. Au point de vue zoologique et systématique, il faut ranger très près de ce groupe des rongeurs le cobaye ou cochon d'Inde *Cavia porcellus* qui est en réalité un animal de boucherie très intéressant et fort consommé en Amérique du Sud et en Afrique, après l'avoir été également en Europe⁽⁴⁾. Un autre groupe de vertébrés qui devrait faire l'objet d'une production contrôlée est celui des grenouilles. Leurs exigences en matière d'élevage sont parfaitement connues, et quelques espèces font l'objet d'élevages commerciaux. Le commerce international des cuisses de grenouilles dans la Communauté Européenne (à 12) est voisin de 25 millions d'euros par an⁽²⁾ (3).

Parmi les invertébrés, la place la plus importante est occupée par les escargots géants africains⁽⁷⁾ dont la chair est tellement appréciée sur place que les populations sauvages locales diminuent ou disparaissent dans certains endroits. Les connaissances en matière d'élevage des *Achatina* et *Archachatina* sont très avancées⁽⁹⁾.

Il faut aussi mentionner la production de vers de terreau ou vers de fumier, car leur rôle dans la transformation de débris végétaux en protéine animale est énorme. À ce titre, ils peuvent constituer une excellente source d'azote alimentaire dont la production est possible à très peu de frais, parfaitement valorisable par des volailles ou des poissons en zone tropicale(10).

Le nombre d'espèces d'insectes est tellement important qu'il est normal d'en trouver aussi dans le secteur du mini-élevage. Cet ouvrage a pour but de synthétiser une grande partie des données disponibles en matière d'élevage d'insectes susceptibles d'être utilisés par l'homme. Un même schéma de présentation sera utilisé pour les différentes espèces décrites. Chaque fois que ce sera possible, des données chiffrées seront fournies, notamment sur leur intérêt alimentaire et nutritif.

On ne trouvera cependant pas dans ce livre d'informations détaillées sur des insectes dont les techniques d'élevage sont parfaitement maîtrisées comme c'est le cas pour les abeilles et les vers à soie. De très nombreux ouvrages et films existent sur l'apiculture tempérée ou tropicale, et il en va de même pour la sériciculture. Néanmoins, on trouvera quelques indications sur l'utilisation éventuelle de certains

sous-produits de ces deux types d'élevage.

Références

- (1) Anon [1991]. *Microlivestock. Little-known small animals with a promising economic future*. National Academy Press, Washington DC. 450 p.**
- (2) Branckaert R. [1997]. Elevages d'espèces non conventionnelles: une activité en plein essor. *Rev. Mond. Zootech.*, 83, 2: pages 2-3 de couverture.**
- (3) Hardouin J. [1994]. Commerce international de cuisses de grenouilles dans la CEE de 1988 à 1992. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, 29 (2), 217-245.**
- (4) Hardouin J. [1997]. Developing minilivestock as source of human food, animal feed or revenue: a brief overview. *Ecol. Food Nutr.*, 36 (Special Issue: Minilivestock), 95-107.**
- (5) Hardouin J. [1995]. Minilivestock: from gathering to controlled production. *Biodiv. Conservat.* 4, 220-232.**

(6) Hardouin J., Stiévenart C. (eds). [1993]. Invertebrate (minilivestock) farming Proceeding of the Seminar EEC-DGXII/CTA/D SU/ITM. Philippines, Nov. 1992, 224 p.

(7) Hardouin J., Stiévenart C., Codja J.T.C. [1997]. L'achatinicuture. Rev. Mond. Zootech., 83, 29-39.

(8) Hardouin J., Thys E. [1997]. Le mini-élevage, son développement villageois et l'action de BEDIM. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 1-2, 92-99.

(9) Stiévenart C. [1996]. *Morphologie coquillière, croissance, reproduction et estivation chez les escargots géants africains: observations au laboratoire sur Archachatina marginata suturalis, Achatina achatina et Achatina fulica*. Thèse Ph.D. n° 5, IMT Anvers (Belgique), 204 p.

(10) Vorsters A. [1995]. *Production d'Eudrilus eugeniae (Kinberq, 1867) et son utilisation comme source de protéines en alimentation animale*. Thèse M.Sc. n° 29, I.M.T. Anvers, 82 p.

1.2 Les insectes

Il est difficile de situer l'époque à laquelle les insectes ont fait l'objet pour la première fois d'une utilisation quelconque, que ce soit par des hommes ou par des animaux. De nos jours, les cycles trophiques intègrent comme il se doit les insectes souterrains, aquatiques ou aériens dans les chaînes alimentaires. D'autre part, des spécialisations sont apparues chez certains mammifères et oiseaux qui se nourrissent quasi uniquement d'insectes. Les oiseaux insectivores, par opposition aux granivores par exemple, sont tributaires de la présence d'insectes alors que ceux-ci ne sont présents que lorsque les conditions climatiques leur sont favorables. En zones tempérées, l'absence d'insectes en hiver provoque le départ des oiseaux insectivores et leur migration vers des régions dont le climat convient mieux, à ce moment-là, au développement de leur nourriture de base.

Certains insectes semblent avoir été consommés par l'homme depuis très longtemps, et l'entomophagie humaine n'est donc pas une nouveauté ni même seulement une mode. L'homme a constaté également qu'il pouvait augmenter les quantités d'insectes consommés naturellement par des animaux comme les poules et poussins, pintades et pintadeaux, mais aussi parfois par les porcs. Par ailleurs, il suffit d'observer les poissons dans la nature pour se

rendre compte que certains d'entre eux viennent à la surface pour capturer des insectes adultes ou des larves. L'élevage d'insectes représente donc une voie susceptible de contribuer à une meilleure alimentation de l'homme et de certains animaux, et par voie de conséquence de réaliser des performances plus intéressantes.

Des utilisations moins courantes d'insectes se rencontrent dans diverses régions du monde où l'on recourt sans aucune hésitation à des insectes ou des produits obtenus à partir de ceux-ci afin de soigner certains troubles de la santé. Il s'agit souvent là d'un savoir traditionnel particulièrement riche, mais assez mal documenté⁽⁴⁾.

Enfin, d'autres emplois plus variés d'insectes peuvent être regroupés sous la rubrique d'usages commerciaux. Il s'agit dans ces cas de valoriser certains insectes par d'autres voies que la consommation directe ou indirecte. Ce domaine extrêmement vaste comprend aussi bien les collections classiques que des utilisations artistiques, des productions industrielles comme la soie ou le miel ou des activités de recherche en pharmacologie⁽¹⁾, et même plus récemment le recours à des insectes pour favoriser le recyclage de déchets⁽³⁾. Ces diverses possibilités d'utilisation seront envisagées plus loin. On ne peut

cependant passer sous silence la pollinisation que réalisent les insectes⁽²⁾ et souligner plus particulièrement le rôle important que jouent les abeilles solitaires, notamment les Mégachiles de la luzerne (*Megachile rotundata*) ainsi que l'abeille à cornes japonaise (*Osmia cornifrons*) bien plus efficace que l'abeille domestique pour polliniser des arbres fruitiers, tel le pommier. Dans le même ordre d'idées, des recherches sont en cours à l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique de France) et à l'Université de Bordeaux I pour utiliser au mieux le bourdon (*Bombus terrestris*) dans la pollinisation des tomates.

Mentionnons également ici le rôle ponctuel que certains insectes ont joué en tant que «désherbants sélectifs», et tout d'abord un papillon argentin (*Cactoblastis cactorum*) introduit en Australie et dont la chenille a nettoyé quelque 100.000 hectares colonisés par des cactus du genre *Opuntia*, cactus utilisés pour délimiter les concessions et qui avait proliféré assez rapidement. Au Pérou, en 1988, pas loin de 20.000 hectares de plantations de coca ont été détruits par le papillon *Malumbia (Eloria noyesi)*.

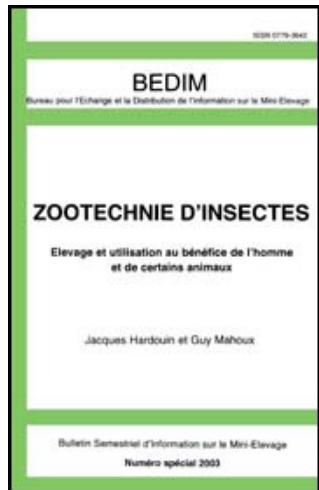
On ne peut clore ces généralités sans évoquer l'utilisation de certains insectes comme agents de lutte biologique. L'exemple le plus

classique est celui de coccinelles élevées en masse et lâchées dans les cultures envahies par les pucerons ou les cochenilles dont elles se nourrissent. Un autre est celui de la production de mâles stérilisés et relâchés dans les populations naturelles pour en réduire l'effectif (glossines ou mouches tsé-tsé, certaines mouches des fruits).

Références

- (1) Ding Zimian, Zhao Yongghua, Gao Xiwu [1996]. Medicinal insects in China. *Ecol. Food and Nutr.* 36, 209-220.
- (2) Lamy M. [1997]. *Les insectes et les hommes. Une encyclopédie du monde des insectes.* Paris, Albin Michel. 415 p.
- (3) Ocio E., Viñaras R. [1979]. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 4, 227-231.
- (4) Tango Muyay [1981]. *Les insectes comme aliments de l'Homme.* Kinshasa (Zaïre):CEEBA Publications, série II 69, 177 p.





Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Publisher: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)

-  [1 Introduction](#)
-  [**2 Rappels de données de base**](#)
-  [3 Usages et production](#)
-  [4 Conclusions](#)
-  [5 Annexes](#)
-  [Couverture Arrière](#)

2 Rappels de données de base

▲ [Top](#)

Introduction

Les rappels concerneront d'une part des notions de classification et d'autre part des données concernant la biologie des organismes.

La taxonomie est la science qui se consacre à la classification des espèces. Il est en effet très important d'éviter des confusions lorsqu'on évoque un animal déterminé. L'expérience montre qu'il n'est pas rare que des noms communs en français ou dans une autre langue moderne diffèrent selon les endroits pour une même espèce. Parfois aussi, un même nom vernaculaire est employé dans des régions différentes pour des espèces différentes. C'est notamment

pour cela que chaque espèce vivante possède un double nom scientifique en latin valable partout dans le monde. Cette appellation comprend le nom du genre suivi du nom de l'espèce; dans certains cas, des précisions supplémentaires sont fournies pour des sous-espèces ou des variétés. Pour être complet, le nom scientifique est suivi par le nom du taxonomiste qui a décrit l'espèce ainsi que par l'année de la publication de cette description, par exemple *Cricetomys gambianus* Waterhouse 1840.

Tous les organismes sont répartis suivant une classification systématique en partant des catégories les plus générales pour finir aux groupes les plus individualisés, comme les espèces ou les sous-espèces. On distingue ainsi, au tout premier échelon, le règne végétal et le règne animal; seul ce dernier comprend des espèces faisant partie du mini-élevage.

Les premiers grands groupes dans la classification sont appelés *Embranchements* (ou Phylums); parmi les principaux embranchements du règne animal, on peut citer les Annélides avec les vers, les Arthropodes avec les insectes, les Mollusques avec les escargots, les Cordés avec les vertébrés.

Chaque embranchement est divisé en *Classes*, les classes sont composées de différents *Ordres* eux-mêmes constitués de *Familles*. En allant de plus en plus loin dans la précision, on arrive alors aux *Genres* qui sont eux-mêmes composés de différentes *Espèces*.

Le terme ARTHROPODES signifie que les animaux de ce groupe possèdent des pattes articulées. Mais tous les arthropodes sont également caractérisés par le fait qu'ils n'ont pas de vertèbres mais un squelette externe composé de chitine, qui est une substance organique azotée. Leur corps et leurs membres sont constitués de segments mobiles les uns par rapport aux autres grâce à des articulations.

Quatre Classes principales doivent être mentionnées chez les arthropodes: celle des *Crustacés* (avec les écrevisses et homards par exemple) et celle des *Myriapodes* (les mille pattes) dont on ne parlera pas ici, celle des *Insectes* qui regroupe pratiquement toutes les espèces traitées dans cet ouvrage, et celle des *Arachnides* (avec les araignées, scorpions, acariens et tiques notamment). La classe des INSECTES représente plus de la moitié des espèces animales vivant actuellement sur la Terre. La très grande diversité des insectes explique que les systématiciens les ont répartis dans plus de trente

Ordres, en fonction de leurs caractéristiques communes ainsi que de leurs différences. Il est hors de question de trouver ici des clés d'identification pour les insectes dont l'élevage et/ou l'emploi seront décrits.

Les éléments qui permettent une identification ne sont en général pas aisément employés par les zootechniciens, alors que leur usage est familier aux entomologistes. Ce volume qui se veut concret et pratique ne rappellera donc que les grandes caractéristiques des ordres dont font partie des espèces exploitées actuellement dans le cadre du mini-élevage.

Les *Dictyoptères* forment un ordre particulier comprenant des insectes assez primitifs, dont les jeunes sont très semblables aux adultes qui possèdent des ailes réticulées. Ils sont très répandus dans la nature, extrêmement résistants et présents dans les endroits assez chauds comme les boulangeries ou les cuisines où de nombreux résidus organiques sont disponibles; le principal représentant de cet ordre est la blatte, de mœurs nocturnes et coureur rapide.

Les *Isoptères* (ou insectes à ailes égales) sont bien connus puisqu'on

y trouve les termites. De même, les criquets et sauterelles que chacun peut reconnaître font partie de l'ordre des Orthoptères qui ont des mâchoires broyeuses et dont les ailes sont membraneuses.

Tous les insectes faisant partie de l'énorme ordre des Coléoptères possèdent la première paire d'ailes transformées en élytres cornées souvent très décorées qui servent à protéger au repos la seconde paire d'ailes qui sont membraneuses. Les pièces buccales sont de type broyeur. Il existerait plus de 300.000 espèces de coléoptères, parmi lesquelles les scarabées, hennetons, coccinelles, charançons, bousiers, ténébrions et bien d'autres plus ou moins fameux.

Les guêpes, abeilles et fourmis, insectes à vie sociale très élaborée, appartiennent à l'ordre des Hyménoptères, insectes caractérisés par leurs deux paires d'ailes qui sont solidaires en vol. Il existe plus de 100.000 espèces dans cet ordre. L'élevage des abeilles, ou apiculture, est très bien connu et maîtrisé. Les caractéristiques de l'apiculture tropicale sont publiées et elle ne fait pas partie du mini-élevage.

On trouve encore les mouches et les moustiques dans l'ordre des Diptères (à deux ailes) qui sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'ailes normales alors que la grande majorité des insectes

possèdent en principe quatre ailes. Dans ce groupe, la deuxième paire d'ailes est remplacée par une paire de balanciers. Les pièces buccales sont adaptées soit à la piqûre comme chez les moustiques et certaines mouches, soit à la succion. On signale l'existence de plus de 200.000 espèces dans cet ordre.

Le dernier ordre cité ici est celui des *Lépidoptères* (à ailes avec des écailles) qui est celui des papillons. Ces insectes parfois très colorés font l'objet de collections entraînant des échanges commerciaux importants. Les plus grands papillons peuvent atteindre plus de 20 cm d'envergure.

Les insectes se reproduisent essentiellement par des œufs, mais quelques espèces sont vivipares comme les glossines ou mouches tsé-tsé. La durée d'incubation des œufs varie en fonction des conditions climatiques plus ou moins favorables. Après une période d'incubation naturelle différente selon les espèces, l'éclosion a lieu et donne naissance aux larves. Celles-ci peuvent ressembler fortement aux adultes, et on parle alors de métamorphose incomplète, ce qui est le cas par exemple pour la puce et la blatte. Mais dans divers ordres, les larves présentent un aspect tout à fait différent de l'adulte, comme pour les asticots et les mouches, ou les Chenilles et

les papillons. Il s'agit alors de métamorphose complète.

Les larves mangent beaucoup et dans la plupart des cas sont assez mobiles. En mini-élevage, on donne souvent la préférence à des espèces dont les larves sont dépourvues de chitine car la digestibilité de la protéine qui constitue cette carapace est très faible. Le cycle de développement normal classique passe par l'œuf puis la larve qui comporte plusieurs stades puis par le stade nymphe encore appelé chrysalide chez les papillons et pupe chez les diptères. Il s'agit d'un temps de repos et de maturation pour lequel la larve s'est préparée en accumulant des réserves et en finissant par s'envelopper d'une protection relativement résistante. Pendant le stade nymphal, l'insecte est en repos total, ne se nourrit pas, reste immobile là où la larve s'est transformée en nymphe en se fixant le plus souvent sur un support, et subit une transformation complète de son corps. Il en sortira après un certain temps un adulte encore appelé «imago». La durée du cycle de développement varie d'une espèce à l'autre, de quelques jours à plusieurs mois, voire davantage et est influencé par les conditions climatiques.

La durée de vie de l'insecte adulte est relativement brève chez beaucoup d'espèces, et cette période est essentiellement consacrée à

la reproduction. Les femelles une fois fécondées, parfois au cours d'un véritable vol nuptial, la préoccupation principale de l'insecte devient la recherche de plantes ou d'endroits qui permettront aux larves qui sortiront des œufs de se nourrir pour perpétuer l'espèce.

On peut considérer d'une manière générale que ce sont surtout les larves qui présenteront de l'intérêt lorsqu'il s'agira de produire une source de graisse et de protéines pour des animaux. Les délais de récolte depuis la ponte sont donc courts. Les substrats sur lesquels les larves se développent sont très variés mais ceux qui intéresseront le mini-élevage ne devraient en principe être constitués que de déchets, de débris organiques, de matières en décomposition ou de plantes poussant très facilement là où l'insecte concerné est présent. Des fumiers et autres effluents d'élevage, des ordures ménagères ou urbaines, des sous-produits d'industries agricoles représentent quelques substrats susceptibles de fournir un nouveau modèle de production.

Pour sa part, l'homme consommera indifféremment des insectes adultes, parfois même riches en chitine, ou des larves selon les traditions alimentaires. Ces insectes pourront être mangés après avoir été frits dans l'huile ou préparés autrement, mais parfois

également vivants, après en avoir éliminé certaines parties.

La mise au point de techniques d'élevage permettant de réaliser le cycle complet, d'adulte à adulte, dans des conditions de contrôle intégral par l'homme, repose évidemment sur la connaissance parfaite des exigences biologiques de chaque espèce concernée. Les méthodes de la zootechnie classique n'ont pas été mises au point autrement. En matière d'élevage d'insectes, la finalité interviendra car un objectif visant à produire des papillons adultes parfaits destinés à des collections de référence n'exige pas les mêmes contraintes que la production massive et en quantités régulières de larves de mouches pour nourrir des pintadeaux ou des poissons.

Les sous-chapitres suivants rappellent brièvement des généralités sur la taxonomie ainsi que la biologie des ordres d'insectes qui présentent un intérêt alimentaire ou économique, hors agriculture. Pour ce qui est de la systématique des familles de ces ordres, les informations données concerteront uniquement les familles qui sont traitées dans cet ouvrage, et elles se limiteront à des caractères visuels aisément perceptibles, qui n'ont donc qu'une valeur taxonomique limitée.

2.1 Ordre des Dictyoptères

2.1.1 Taxonomie

Les principaux représentants de cet ordre sont les mantes religieuses et les blattes appelées également cafards, cancrelats ou coquerelles. Les blattes sont des insectes ayant une forme subarrondie et aplatie, et de mœurs nocturnes; il en existe quelque trois mille cinq cents espèces. Les blattes forment un groupe ancien, et leur aspect a peu changé depuis 320 millions d'années. Les fossiles indiquent qu'elles proliféraient au Carbonifère, ère de leur apparition. Elles vivent dans des habitats diversifiés comme le compost, les zones humides bordant les chutes d'eau ou les cavernes abritant les chauves-souris, certaines dans le sillage de l'Homme. Environ vingt-cinq espèces sont très largement répandues dans le monde entier.

Anatomie.

Les blattes sont des insectes plats et ovales dont la taille varie de 1 mm à plus de 9 cm à l'âge adulte. Elles n'ont pas toutes des ailes, mais même les espèces qui en sont dotées ne volent pas systématiquement. Les blattes sont des insectes non spécialisés et primitifs dont les jeunes ressemblent aux adultes. Principalement

nocturnes, elles sont sensibles à la lumière. Leurs antennes et leurs poils leur permettent de détecter la nourriture et l'eau. Les cerques, structures sensorielles protubérantes situées à l'arrière de l'abdomen, sont sensibles aux infimes déplacements d'air. Ces organes permettent aux blattes de détecter un éventuel danger et de s'échapper en moins d'un dixième de seconde. Enfin, une cuticule huileuse les protège de la déshydratation.

Caractéristiques morphologiques.

- **Ailes antérieures durcies ou coriaces à la base, avec de nombreuses nervures, repliées l'une sous l'autre sur l'abdomen quand l'insecte est au repos;**
- **ailes postérieures repliées en éventail lorsque l'insecte est au repos;**
- **antennes comportant plus de 12 articles;**
- **pièces buccales de type broyeur;**
- **fémurs arrières non renflés.**

Les principales espèces sont la blatte américaine qui a pour nom scientifique *Periplaneta americana*, la blatte germanique, *Blatella germanica*, et la blatte commune, *Blatta orientalis*.

Dans les régions atlantiques, l'espèce dominante est la blatte germanique. Cet insecte brun pâle de 14 mm, qui arbore des bandes plus sombres sur le dos, est parmi les plus petits du genre, mais aussi les plus envahissants.

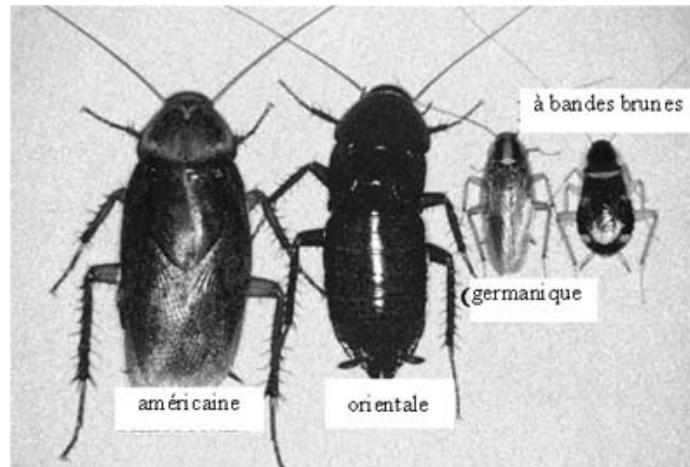


Figure 1. Principales espèces de blattes. (3)

La détermination du sexe est très difficile chez la blatte commune chez qui les deux sexes sont identiques en taille, forme et couleur. Le mâle de la blatte américaine se caractérise par la présence d'une paire de courts appendices, les styles ventraux sur le dernier sternite abdominal tandis que la femelle présente une carène ventrale fendue sur sa longueur à partir de l'abdomen. Enfin, chez la blatte germanique, le corps du mâle est élancé et les derniers segments abdominaux sont visibles tandis que celui de la femelle est massif et les segments abdominaux sont tous complètement recouverts par les ailes antérieures au repos.

2.1.2 Biologie et physiologie

Les blattes (ou cancrelats) hantent la planète depuis environ quatre millions d'années.

Les blattes habitent tout endroit où elles peuvent trouver de la nourriture, de l'eau et un abri. Les habitations et d'autres bâtiments les attirent à cause des conditions chaudes et humides que leur offrent cuisines, salles de bains, sous-sols et système de tuyauterie. Leur présence ne dénote pas nécessairement un manque d'hygiène: elles peuvent en effet être amenées dans un bâtiment par divers

objets, y compris des meubles usagés, des aliments, des bouteilles de bière ou de boissons gazeuses vides et des boîtes de livraison. Une fois dans un bâtiment, elles peuvent s'y installer sans mal et, comme elles sortent surtout la nuit, passer inaperçues un certain temps.

Les blattes sont attirées par les aliments qui contiennent de l'amidon, du sucre et des protéines, mais mangent de tout quand elles ont faim. Les blattes sont détritivores: elles se nourrissent dans les poubelles et les armoires, ainsi que des reliures de livres, de colle, de papier, de plantes et d'animaux morts.

Si elles causent rarement des dommages dans les habitations qu'elles infestent, les blattes n'en provoquent pas moins une répulsion bien sentie. Après avoir circulé dans les déchets et les égouts, elles contaminent les aliments et peuvent répandre des maladies (salmonella, dysenterie) en marchant et en déposant leurs excréments sur les aliments ou les endroits où ceux-ci sont préparés.

Cycle de vie.

La parade nuptiale diffère selon les espèces. Lorsque la blatte américaine est prête à s'accoupler, la femelle produit une substance

chimique, une phéromone, qui attire les mâles. D'autres espèces montrent des comportements plus élaborés. Elles produisent des sifflements, agitent et font onduler leur abdomen ou se mordillent. Les mâles d'une espèce africaine forment des groupes hiérarchisés et les femelles s'accouplent de préférence avec le mâle dominant.

Le cycle biologique de la blatte se déroule en trois stades: l'œuf, la larve et l'adulte. La femelle produit un sac à œufs (oothèque) de couleur brune qui contient jusqu'à une trentaine d'œufs selon l'espèce; elle le dépose dans un endroit bien abrité parfois après l'avoir transporté quatre semaines avec elle. Les larves émergent après environ trois semaines et passent par plusieurs stades de croissance, durant une période qui peut atteindre trois mois, avant de devenir adultes. Les larves ressemblent aux adultes, mais sont plus petites et de couleur plus claire.

Remarque: Les espèces se distinguent par l'utilisation de leur sac à œufs ou oothèque. La blatte américaine abandonne rapidement son oothèque et les œufs éclosent seuls. La blatte germanique conserve l'oothèque à l'extrémité de son ovipositeur et ne la dépose que lorsque les œufs sont prêts à éclore. Une oothèque contient de six à trente-deux œufs selon les espèces. Les blattes conservant leur

oothèque semblent faire preuve, dans une certaine mesure, de soins maternels, et les jeunes demeurent souvent près de leur mère pendant plusieurs jours.

	<i>Periplaneta americana</i>	<i>Blatta orientalis</i>	<i>Blattella germanica</i>
Oothèques (nombre)	10-90/femelle	5-10/femelle	1-8/femelle
Œufs (nombre)	6-28/oothèque	8-18/oothèque	24-26/oothèque
Incubation (durée)	40-63 jours	45 jours	5 minutes
Mues (nombre)	9-13	7-12	5-8
Vie larvaire (durée)	5-9 mois	5,5-10 mois	38-90 jours
Vie adulte (durée en laboratoire)	2 ans	2 ans	128-232 jours

Rôle écologique.

En raison de leur répartition et de leur nombre, les blattes jouent un rôle important dans les écosystèmes. Elles se nourrissent d'aliments très variés, y compris d'autres blattes, grâce à la grande diversité des bactéries et des protozoaires vivant dans leur intestin. Elles contribuent à accélérer la décomposition du compost forestier et des matières fécales des animaux. Les blattes sont, à leur tour, les proies de divers animaux et toujours chassées par l'homme. Ces insectes sont également des animaux de laboratoire, faciles à soigner et inoffensifs, car ils ne piquent pas et ne mordent pas.

2.2 Ordre des Isoptères

2.2.1 Taxonomie

Les termites, appelés «fourmis blanches» par les Anglo-Saxons, appartiennent à l'ordre des Isoptères: les adultes ailés possèdent quatre ailes de même taille, forme et nervation.

À l'instar des blattes et des mantes, les termites sont plus abondants dans les climats tropicaux et subtropicaux. On dénombre à travers le monde un total de 7 familles et d'environ 2.300 espèces. La famille des Termitides regroupe à elle seule 75 % des espèces connues.

Caractères physiques des ouvriers et des soldats.

- Corps de couleur pâle, quelque peu dans la ligne des fourmis mais avec une grosse jonction entre le thorax et l'abdomen;**
- yeux composés petits ou absents;**
- tête grande et cylindrique (soldats) ou petite et ronde (ouvriers);**
- antennes «perlées»;**
- pièces buccales configurées pour mâcher, consistant parfois en de très grandes mandibules;**
- dépourvus d'ailes (aptères).**

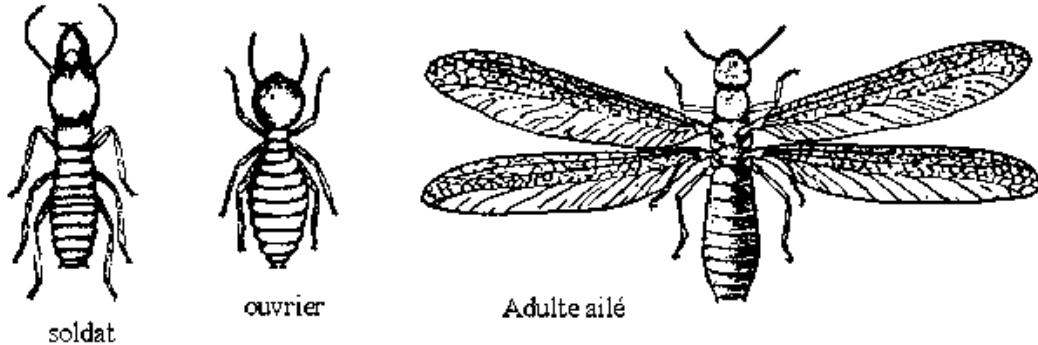


Figure 2. Caractères physiques des termites (2)

Caractères physiques des adultes sexués.

- **Corps pigmenté de couleur sombre;**
- **tête bien développée avec pièces buccales configurées pour mâcher et antennes «perlées»;**
- **présence d'yeux composés;**
- **deux paires d'ailes membraneuses, semblables en forme et en taille, tombant peu avant la parade nuptiale.**

2.2.2 Biologie et physiologie

Les termites sont les seuls insectes qui font preuve d'un véritable comportement social et qui sont aussi hémimétaboles, c'est-à-dire qui ne manifestent que des métamorphoses incomplètes: œuf, larve, adulte.

Cycle de vie.

Les œufs sont généralement pondus individuellement mais chez les *Mastotermes* primitifs, ils sont englués dans une sécrétion gélatineuse et regroupés en doubles rangées de 16 à 24 unités. La durée de l'incubation varie de 24 à 90 jours et les œufs peuvent même hiberner dans les climats plus froids. Dans les colonies établies, on observe sept stades larvaires mais ce nombre peut varier en fonction de divers paramètres tels que la température, l'humidité relative, l'âge et la taille de la colonie.

La fondation d'une colonie se réalise dans la majorité des cas par des essaimages de reproducteurs principaux. La période d'essaimage et le moment de la journée où il se situe sont propres à chaque espèce. La sortie du sol ou de la termitière des adultes ailés survient, pour de nombreuses espèces, après un laps de temps assez précis, faisant

suite soit à une averse, soit à une certaine quantité de précipitations reçues. Ainsi un premier contingent d'espèces sont inféodées au retour des pluies. L'existence d'une saisonnalité des essaimages d'adultes semble bien établie, même sous climat tropical humide.

Les performances de vol sont faibles et un vol de 500 mètres est considéré comme un bon vol.

Les femelles ou futures reines soit se tiennent alors immobiles et émettent une phéromone pour attirer un mâle ou futur roi, soit se mettent à tourner en tous sens pour en trouver un. Après la parade sexuelle qui comprend des coups de tête et des caresses d'antennes mutuelles et l'acceptation du mâle par la femelle, ils partent en tandem pour creuser un tunnel dans un morceau de bois ou dans le sol, tunnel au bout duquel ils aménagent une chambre nuptiale dans laquelle ils se cloîtront et commencent la construction du nid. Les larves écloses des premiers œufs peu nombreux sont nourries par le produit de régurgitation de la reine; très vite, cependant, elles se mettront à mâcher du bois. Une termitière type contient un couple royal, des œufs, des larves, des ouvrières (chargées d'une part de l'alimentation du couple royal, des larves et des soldats, et d'autre part des tâches d'entretien et d'agrandissement de la termitière), des

soldats chargés de la défense de la termitière, et à certains moments d'individus sexués ailés. Selon les espèces, la population de la termitière compte quelques dizaines à quelques millions d'individus, le maximum de population étant atteint après 2 à 10 ans.

Habitat.

Les termites les moins évolués vivent dans le bois mort, leur termitière étant constituée par les tunnels qu'ils créent pendant qu'ils sont en quête de nourriture: ce nid ne possède donc pas de structure réelle. D'autres espèces, notamment des *Rhinotermes*, *Reticulitermes* et *Coptotermes* connues sous le vocable «termites souterrains» construisent leur nid sous le sol mais attaquent les structures ligneuses en surface.

Certaines espèces bâtissent leur nid dans les arbres, un peu à la façon des guêpes.

Quant aux termites évolués, ils construisent des nids établis au niveau du sol. Ces derniers se scindent en monticules hauts de 10 à 30 cm ou en buttes d'environ un à parfois deux mètres de hauteur, ou encore en tertres de 4 à 8 mètres de hauteur. Beaucoup d'espèces construisent des nids très élaborés.

Organisation.

Chaque nid contient des adultes sexués (une reine et un roi), ainsi que des centaines ou des milliers voire des millions de larves et d'imagos.

Reproducteurs principaux

Ils présentent une coloration plus foncée que celle des autres membres de la colonie et possèdent deux paires d'ailes qu'ils perdent en touchant le sol après le vol nuptial, avant l'accouplement. Après l'accouplement, ils sont appelés reine et roi. Avec le temps, l'abdomen de la reine atteint des dimensions spectaculaires. Chez le terme africain *Macrotermes subhyalinus*, le corps de la reine est tellement gonflé par les œufs qu'elle ne peut plus se déplacer. Il peut atteindre 14 cm de long et 3,5 cm de diamètre.

Chez certaines espèces, le roi et la reine peuvent vivre jusqu'à 15 ans et, pendant la plus grande partie de sa vie, la reine pondra un œuf toutes les 15 secondes avec une période de pointe d'un œuf toutes les 3 secondes, soit pas loin de 30.000 œufs par jour. Au cours de sa vie, la reine pondra 10 millions d'œufs. Ces reproducteurs ont un cerveau plus développé que les autres individus et ils suppriment le

développement sexuel du reste de la colonie grâce à des hormones qu'ils sécrètent et qu'ils font passer d'un individu à l'autre par un échange anal-oral appelé «trophallaxie». Une fois bien établie dans son nid, la reine ne se nourrit plus de bois mais de la salive des ouvriers et/ou de champignons chez les Macrotermitines.

Ouvriers stériles

Les ouvriers construisent et maintiennent le nid en bon état, organisent les expéditions de recherche d'aliments et prennent soin des œufs, des jeunes et de la reine. Un dimorphisme sexuel existe chez les espèces évoluées, les mâles étant les grands ouvriers et les femelles les petits ouvriers. Les organes sexuels sont présents, mais réduits et non fonctionnels.

Soldats

Ce sont les défenseurs du nid que l'on trouve dans tous les genres de termites. En général, ils sont d'un seul sexe, mâle dans certaines familles et femelle dans d'autres. Ils sont pourvus d'une grosse tête sclérosée.

Les termites sont les organismes vivants qui prédominent dans les

forêts et savanes tropicales. La taille de leurs populations varie habituellement entre 2.000 et 4.000 individus par m² mais on peut trouver des populations qui comptent 10.000 individus par m². Leur biomasse (jusqu'à 22 grammes par m²) est supérieure à la biomasse combinée de toutes les espèces de vertébrés vivant dans la même zone.

Les nids de certaines espèces de termites, comme *Macrotermes bellicosus* en Afrique de l'Ouest, peuvent abriter jusqu'à 5 millions d'individus.

Alimentation.

Les termites jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique; dans les pays tropicaux et subtropicaux, ils émiettent et recyclent environ un tiers de la production annuelle de bois mort.

Les termites peu évolués ne possèdent toutefois pas les enzymes nécessaires pour briser la cellulose, mais ils vivent en relation symbiotique avec un ou plusieurs protozoaires flagellés qu'ils hébergent dans leur tube digestif et qui digèrent la cellulose des fibres de bois ingérées. Ces protozoaires bénéficient d'un

environnement stable et d'un approvisionnement constant en bois, et les termites reçoivent en échange de l'acide acétique et d'autres acides organiques simples qu'ils peuvent métaboliser. Ils perdent leur flore intestinale à chaque changement de stade et doivent s'inoculer de nouveau chaque fois à partir des sécrétions anales d'un autre membre du nid.

Les termites évolués (notamment les Termitides) n'hébergent pas dans leur intestin ces protozoaires mais plutôt des bactéries anaérobiques qui, pense-t-on, ne jouent pas un rôle important dans la digestion de la cellulose: on suppose que les Termitides peuvent sécréter eux-mêmes une cellulase, enzyme capable de casser les chaînes cellulosiques.

Chez les termites évolués, notamment dans la famille des Hodotermitides, certaines espèces fourragent à l'extérieur du nid. En Afrique du Sud, *Odontotermes latericus* récolte des herbes sèches et des graines qu'il stocke ensuite dans des greniers à l'intérieur du nid. En Australie, *Nasutitermes triodiae* stocke de l'herbe sèche dans des cavités aménagées dans les parois de la termitière tandis que *Hospitalitermes monoceros* ou terme noir du Sri Lanka envoie de grandes colonnes d'ouvriers, protégés par les soldats, fourrager des

lichens pour nourrir la progéniture.

Les Macrotermitines sont une sous-famille des Termitides dans laquelle certains membres de l'espèce aménagent des champignonnières à l'intérieur de la termitière. Les ouvriers fabriquent une pâte à partir de fibres végétales et l'inoculent avec les spores d'un champignon symbiotique. Les termites se nourrissent alors des structures particulières produites par les champignons. Chaque espèce de terme a son propre champignon que l'on ne peut trouver nulle part en dehors du nid.

Goffinet (1976) (1) reconnaît trois types de régime alimentaire, à savoir:

- Le groupe des humivores dominé par les espèces du genre *Cubitermes*.**
- Le groupe des lignivores sciaphiles auquel appartiennent notamment les représentants du genre *Macrotermes*.**
- Le groupe des termites à régime alimentaire mixte, essentiellement fourrager.**

2.3 Ordre des Orthoptères

2.3.1 Taxonomie

Les principaux représentants de cet ordre sont les criquets, les sauterelles, les courtilières et les grillons.

Le mot Orthoptères provient du grec «orthos» qui signifie droit et «pteron» qui signifie aile: ces insectes présentent comme caractère de reconnaissance des ailes antérieures avec une disposition à côtés parallèles.

Les ailes antérieures, sèches et épaisse se replient vers l'arrière sur l'abdomen pour protéger les ailes postérieures qui sont membraneuses et en forme d'éventail.

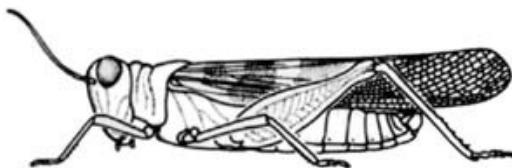


Figure 3. Caractères physiques des Orthoptères (2) (4)

Caractères physiques des formes adultes.

- **Antennes filiformes;**
- **pièces buccales broyeuses, hypognathes;**
- **pronotum en forme de bouclier, couvrant la plus grande partie du thorax;**
- **ailes antérieures étroites, cornées (tegmina);**
- **ailes postérieures membraneuses en forme d'éventail;**
- **pattes postérieures généralement adaptées pour le saut (surdéveloppement du fémur);**
- **tarses composées de 3-4 segments;**
- **cerques courts, non segmentés.**

Caractères physiques des formes immatures.

- **Structure similaire à celle des adultes;**

- **développement de coussinets alaires souvent visibles sur le thorax.**

Parmi les familles de l'ordre des Orthoptères figurent les Acridides qui comptent les criquets migrateurs, tel le criquet pèlerin et le criquet migrateur africain, qui de temps en temps dévastent encore des régions agricoles entières; les Tettigoniides, sauterelles herbivores, souvent vertes à longues antennes fragiles; les Gryllotalpides ou courtilières, encore appelées grillons-taupes, possèdent des pattes antérieures fouisseuses, la plupart des espèces de cette famille se nourrissent de racines de plantes (*Gryllotalpa africana* est une espèce comestible très appréciée sous les tropiques).

Les Gryllides.

- **Les Gryllides ou vrais grillons ont une tête grosse et globuleuse, les tibias postérieurs armés de deux rangées d'épines, et les femelles ont un oviscapte cylindrique ou en forme de lame, à sommet lancéolé. Les Gryllides sont herbivores, voire carnassiers. Cette famille inclut le grillon**

domestique, Acheta domesticus.

2.3.2 Biologie et physiologie

Cycle de vie.

Les œufs sont déposés dans des endroits fort variés. La ponte de la plupart des Acridides se fait dans la terre, les œufs sont pondus en masse et enfermés dans une enveloppe mousseuse qui durcit rapidement. Chez les ensifères, les œufs sont toujours pondus isolément ou par petits groupes, qui ne sont qu'exceptionnellement agglutinés par un mucus; la ponte se fait dans la terre ou dans les tissus des végétaux.

Si les conditions climatiques sont défavorables - sécheresse, basse température - les œufs passent par une période de repos, une diapause, pour n'éclore que lorsque les conditions redeviennent favorables. Chez certaines espèces, cette période de repos des œufs peut perdurer pendant deux voire trois ans.

Les larves éclosent d'abord dans une sorte de camisole de force qui enveloppe tous leurs membres en les maintenant plaqués le long du

corps: à ce stade, elles sont appelées «larves primaires». Elles cheminent alors lentement vers la surface en repoussant la terre ou la mousse au-dessus d'elles à l'aide d'un sac expansible situé à la base supérieure de leur cou (la membrane cervicale) qui déblaie un peu de matière chaque fois qu'il est gonflé par un afflux de sang. Chez les sauterelles et les criquets, plusieurs larves peuvent travailler de concert pour forcer l'ouverture du couvercle de leur enveloppe de «mousse».

Lorsqu'elles atteignent la surface, elles se débarrassent de leur exuvie («ancienne peau») et se mettent en quête de nourriture; d'abord de couleur blanc pâle, elles acquièrent leur couleur normale au bout de quelques heures.

On compte 6 à 9 stades larvaires chez les sauterelles, 5 à 6 chez les acridides et 10 à 15 chez les grillons.

La plupart des espèces sont univoltines (une génération par an) mais des grillons-taupes ont un cycle de vie bivoltin (deux ans).

L'accouplement peut durer de 20 minutes à plusieurs heures. Le mâle produit une masse gélatineuse (spermatophore) qu'il attache à l'ouverture génitale des femelles: cette vésicule, souvent d'aspect

laiteux contient les spermatozoïdes qui pénètrent les voies génitales de la femelle. Dès la fin de l'accouplement, la femelle commence à manger le spermatophore.

Habitat.

On trouve les Orthoptères dans la plupart des habitats: la majorité des espèces habitent les savanes et les forêts, mais on peut en trouver sur les plages (*Pseudomogoplis squamiger*) ou dans les régions marécageuses (*Stethopyma grosum*, *Metriopter brachyptera*); les grillons camélins sont naturellement cavernicoles et le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* vit dans les régions désertiques et semi-désertiques tandis que le grillon-taupe (*Gryllotalpa gryllotalpa*) a un habitat souterrain.

Beaucoup d'espèces sont arboricoles (*Anacridium melanorhodon*, le criquet arboricole du Soudan) et quelques-unes trouvent leur bonheur dans l'eau, voire sous l'eau (*Tetrix subulatum*).

Si quelques espèces sont très cosmopolites, telle la sauterelle des prés (*Chorthippus parallelus*) et le grand grillon vert des buissons (*Tettigonia viridissima*), d'autres ne se trouvent que dans des habitats spécifiques comme la sauterelle terrestre turque (*Tetrix*

tuerki) qui ne vit que sur les rives gravillonnaires des torrents alpins ou le grillon fourmi (*Myrmecophilus acervorum*) qu'on ne trouve que dans les fourmilières et qui se nourrit de sécrétions des fourmis.

Alimentation.

La majorité des orthoptères se nourrissent de matières végétales; seules les sauterelles et quelques grillons sont reconnus comme stricts herbivores; les acridides et la plupart des autres espèces sont omnivores et mangent tout ce qui leur tombe sous la «dent»...

Certaines espèces sont cependant d'abord des carnivores et d'actifs prédateurs, comme par exemple le *Decticus* à face blanche chez les Tettigoniides.

2.4 Ordre des Coléoptères

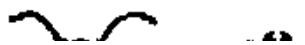
2.4.1 Taxonomie

Le nom coléoptère tire son origine des mots grecs «koleos» qui signifie étui, gaine et «pteron» qui signifie aile: référence est faite aux ailes antérieures modifiées (élytres) qui servent de couverture protectrice pour les ailes postérieures membraneuses.

Les coléoptères constituent l'ordre le plus vaste de la classe des insectes puisque l'on dénombre plus de 150 familles et quelques 250.000 espèces à travers le monde. Ils constituent également l'ordre le plus vaste du règne animal en incluant plus de 40 % de tous les insectes et près de 30 % de toutes les espèces animales. Les coléoptères sont holométaboles, c'est-à-dire qu'ils se caractérisent par des métamorphoses complètes: œuf, larve, nymphe, adulte.

Au stade adulte, la plupart des coléoptères présentent un exosquelette dur qui recouvre et protège la plus grande partie de leur surface corporelle. Les ailes antérieures appelées élytres sont aussi dures que le reste de l'exosquelette. Elles se replient sur l'abdomen et servent d'étui protecteur aux grandes ailes postérieures membraneuses. Lorsque l'insecte est au repos, les deux élytres se rejoignent sur leur longueur au milieu du dos, formant ainsi une ligne droite qui est probablement la caractéristique la plus distinctive de cet ordre. Pendant le vol, les élytres sont tenues à l'écart des côtés du corps et fournissent une certaine stabilité aérodynamique.

Les larves et les adultes possèdent des pièces broyeuses qui comprennent de puissantes mandibules.





carabe



scarabée





Figure 4. Caractères physiques des coléoptères (2)

Caractéristiques physiques du stade adulte.

- **Pièces buccales broyeuses (parfois localisées dans le prolongement d'un bec ou rostre);**
- **ailes antérieures (élytres) dures servant d'étui aux ailes postérieures et se rejoignant en une ligne médiane sur le dos;**
- **grandes ailes postérieures membraneuses, repliées sous les élytres;**
- **tarses comprenant 2 à 5 articles.**

Caractéristiques physiques des stades immatures.

- **Tête bien développée; présence d'ocelles et de pièces buccales adaptées à la mastication;**
- **trois paires de pattes thoraciques; pas de pseudo-pattes**

abdominales;

- **abdomen comptant dix segments;**
- **forme du corps:**
 - **campodéïforme: mince, élancée; rampeurs actifs;**
 - **scarabéïforme: corps charnu en forme de C, ressemblant à un gros ver;**
 - **élatériforme: vers «fil de fer», allongés, cylindriques, avec exosquelette dur et pattes grêles.**

Familles reprises dans cet ouvrage.

- **Méloïdes. Coléoptères de taille moyenne à grande, à corps mou et à tête large rétrécie en cou à l'arrière. Prothorax plus étroit que la base des ailes en repos. Ailes de couleur terne ou de couleur vive uniforme ou marquée de bandes. Cette famille comprend des espèces vésicantes («blister beetles» des anglophones) et d'autres réputées erronément comme aphrodisiaques. Beaucoup d'espèces sont**

floricoles à l'état adulte.

- **Scarabéides.** Coléoptères robustes, pattes souvent armées d'épines robustes sur le fémur et le tibia. Antennes lamellées caractéristiques, la massue étant formée de lamelles orientées d'un seul côté. Les larves vivent dans le sol, dans des débris organiques ou encore dans les excréments d'animaux.
- **Ténébrionides.** Coléoptères de forme et de taille très variables, de couleur sombre. La majorité ont un régime saprophage, mais certains fréquentent les fleurs, le bois pourri et d'aucuns les denrées emmagasinées et les industries alimentaires. Famille la plus représentée dans les climats désertiques.

2.4.2 Biologie et physiologie

L'alimentation est fort variée et correspond évidemment à l'habitat qui comprend toute la gamme d'environnements terrestres et d'eau fraîche; les styles de vie sont tout aussi variés. Beaucoup d'espèces sont herbivores et adaptées à s'alimenter à partir de racines, tiges, feuilles ou des structures de reproduction de leurs plantes hôtes. Certaines espèces se nourrissent de champignons, d'autres se logent dans les tissus des plantes, d'autres encore creusent des tunnels

dans le bois ou sous les écorces.

D'autres coléoptères sont des prédateurs. Ils vivent dans le sol ou dans la végétation et attaquent une grande variété d'invertébrés. Les coccinelles par exemple sont des agents importants de contrôle biologique des aphides (pucerons) et des cochenilles. Certains sont charognards, se nourrissant essentiellement de cadavres de grands ou petits animaux, de matières fécales, de bois en décomposition ou d'autres matières organiques mortes. Certains sont même des parasites internes d'autres insectes; quelques uns vivent dans les nids des fourmis et termites et d'autres enfin sont des parasites externes des mammifères.

2.5 Ordre des Diptères

2.5.1 Taxonomie

Le mot diptère est dérivé du mot grec «di» qui signifie deux et «pterón» qui signifie aile par référence au fait que les vraies mouches n'ont qu'une seule paire d'ailes.

Les Diptères comptent à travers le monde environ 130 familles et près de 100.000 espèces. Ce sont des insectes holométaboles, à

métamorphoses complètes: œuf, larve, pupe et adulte. On les divise habituellement en trois sous-ordres:

- **les Nématocères à antennes longues composées de nombreux articles;**
- **les Brachycères à antennes ordinairement courtes et de huit articles;**
- **les Cyclorrhaphes à antennes de trois articles terminées par une soie.**

Plus que tout autre groupe d'insectes, les diptères ont probablement un impact économique très important sur les hommes. Quelques espèces sont nuisibles aux cultures tandis que d'autres transmettent des maladies aux humains et aux animaux domestiques. À l'opposé, beaucoup de diptères sont bénéfiques, particulièrement celles qui pollinisent des fleurs, favorisent la décomposition de la matière organique ou sont des agents de contrôle biologique pour d'autres insectes nuisibles.

Caractéristiques physiques du stade adulte.

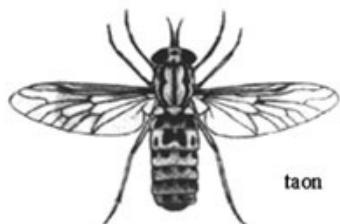
- **Antennes: voir ci-dessus selon les sous-ordres;**
- **pièces buccales suceuses;**
- **mésothorax plus grand que le pro- ou le métathorax;**
- **une paire d'ailes (antérieures); ailes postérieures réduites (haltères ou balanciers);**
- **tarses divisés en 5 articles.**

Caractéristiques physiques des stades immatures.

moustique



taon



Mouche à viande



Figure 5. Caractères physiques des Diptères (2) (4)

1. Culiciformes:

- présence d'une capsule céphalique avec pièces buccales broyeuses;
- pattes absentes.

2. Vermiformes (asticots):

- absence de pattes ou d'une capsule céphalique distincte;
- pièces buccales réduites; présence de crochets oraux..

Familles reprises dans cet ouvrage.

- Chironomides. Diptères némato-cères de taille petite à moyenne (2-12 mm), à aspect typique de moustique frêle, cependant leurs pièces buccales atrophiées ne leur permettent pas de piquer.
Antennes des mâles plumeuses, celles des femelles moniliformes.
Nervures nettement plus marquées dans la partie antérieure de l'aile que dans la partie postérieure. Certaines espèces éclosent

simultanément formant des vols agglomérés.

- **Muscides. Diptères cyclorrhaphes à yeux écartés chez les femelles, ordinairement rapprochés ou contigus chez les mâles. Soie du dernier article antennaire plumeux à son sommet. Cette famille comprend la mouche domestique et les glossines et constitue la famille la plus cosmopolite des insectes. Certaines espèces possèdent des pièces buccales mordantes, d'autres sont de simples fossoyeurs. Des maladies comme la dysenterie et le choléra peuvent être véhiculées et transmises par leurs pattes et leurs pièces buccales. Les glossines ou mouches tsé-tsé transmettent par piqûre des trypanosomiases (maladie du sommeil) à l'homme et au bétail.**
- **Stratiomyides. Diptères brachycères non piqueurs. Thorax souvent couvert d'une pilosité dorée ou argentée; des espèces exotiques ont une belle livrée métallique bleue, verte ou dorée. Scutellum épineux ou non; abdomen souvent aplati. Ailes à nervures épaisses le long du bord antérieur, et au repos, croisées l'une sur l'autre et ne couvrant pas le sommet de l'abdomen.**

2.5.2 Biologie et physiologie

L'ordre des Diptères comprend tous les moustiques et toutes les

mouches. Ces insectes sont identifiables à cause de leurs ailes postérieures qui sont réduites à de petites structures en forme de club de golf, appelées haltères; seules les ailes antérieures membraneuses sont utilisées comme surfaces aérodynamiques. Les haltères, qui vibrent pendant le vol, travaillent comme un gyroscope et aident l'insecte à maintenir son équilibre au cours de son vol.

Toutes les larves de diptères sont dépourvues de pattes. Elles vivent en milieu aquatique (eau fraîche), semi-aquatique ou terrestre humide. On les trouve habituellement dans le sol, les plantes ou les tissus animaux ainsi que dans la charogne ou le fumier, presque toujours dans les endroits où le danger de dessiccation est réduit au minimum. Quelques espèces sont herbivores, mais la plupart se nourrissent de matière organique morte ou parasitent d'autres animaux, spécialement les vertébrés, les mollusques ou des arthropodes. Dans les familles les plus primitives (sous-ordre des Nématocères), les larves possèdent une capsule céphalique bien développée avec des pièces buccales en forme de mandibules. Ces structures sont absentes ou réduites dans les sous-ordres plus évolués (Brachycères et Cyclorrhaphes) dont les larves que l'on connaît bien sous le vocable «asticot» présentent un corps dont la forme ressemble à un ver et uniquement une paire de crochets oraux

pour se nourrir.

Les mouches adultes vivent dans des habitats très variés; leur apparence et leur style de vie sont également fort variés. Bien que la plupart des espèces possèdent des pièces buccales de type suceur et récoltent leur nourriture sous forme liquide, leurs pièces buccales sont si diverses que quelques entomologistes suspectent que les adaptations pour l'alimentation peuvent provenir de différentes origines évolutives. Dans beaucoup de familles, la trompe (rostrum) est adaptée pour éponger et/ou laper. Ces mouches survivent à partir de miellée, de nectar ou des exsudats de différentes plantes et animaux (morts ou vivants). Dans d'autres familles, la trompe est adaptée pour cisailier ou percer les tissus de l'hôte. Certains diptères sont des prédateurs d'autres arthropodes (les Asilides ou «robber flies» par exemple), d'autres sont des parasites externes comme les moustiques qui se nourrissent du sang de leurs hôtes vertébrés, y compris les humains et la plupart des animaux sauvages et domestiques, d'autres encore sont endo- ou ectoparasites d'insectes.

2.6 Ordre des Lépidoptères

2.6.1 Taxonomie

Les papillons appartiennent à l'ordre des lépidoptères qui, dans la classe des Insectes, est l'ordre qui vient en deuxième position par l'importance. Le mot «lépidoptère» tire son origine des mots grecs «lepidos» qui signifie écaille et «pteron» qui signifie aile: ce sont donc des insectes dont le corps et les ailes de la plupart des adultes sont couverts d'écailles.

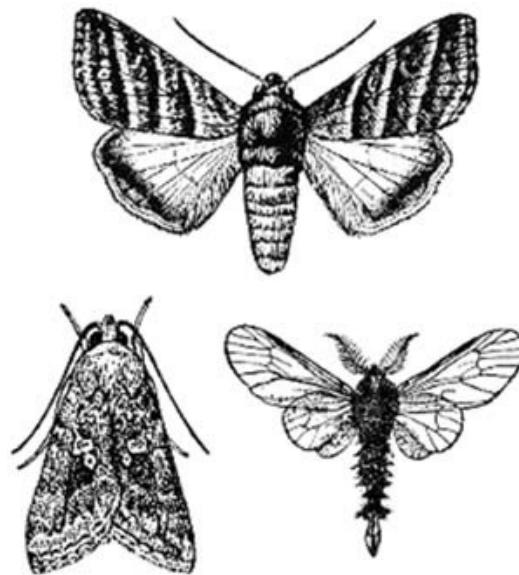


Figure 6. Caractères physiques des Lépidoptères (2)

À travers le monde, on dénombre pas moins de 135 familles et plus de 100.000 espèces. Les lépidoptères sont holométaboles, c'est-à-dire que les stades pré-adultes: œuf, larve ou chenille, chrysalide, diffèrent totalement du stade adulte. Plusieurs systèmes de classification ont été proposés pour diviser les lépidoptères en sous-ordres. Quel que soit le système, toutes les familles les plus grandes et les plus significatives du point de vue économique sont des membres d'un seul sous-ordre: les Frénates ou Ditrysia.

D'un point de vue taxonomique, la distinction entre papillons de nuit et de jour est fort artificielle: certains papillons de nuit ressemblent davantage à des papillons de jour qu'à d'autres papillons de nuit.

La plupart des papillons de jour ont des mœurs diurnes, sont brillamment colorés et possèdent des antennes qui se terminent en forme de massue. Au repos, les ailes sont tenues à la verticale au-dessus du corps.

Par opposition, la plupart des papillons de nuit (mais pas tous) ont une apparence typiquement terne, possèdent des antennes fusiformes, filamenteuses ou plumeuses et sont nocturnes. Au repos, leurs ailes sont déployées horizontalement sur le substrat sur lequel

ils se trouvent, repliées contre le corps ou en forme de toit au-dessus de l'abdomen.

Les adultes se distinguent par leurs ailes relativement grandes par rapport à leur corps; elles sont couvertes de minuscules écailles qui se chevauchent. Ces écailles, qui produisent souvent des modèles colorés distinctifs, jouent un rôle important au cours de la parade sexuelle ainsi que dans la reconnaissance entre individus d'une même espèce.

En vol, les ailes antérieures et postérieures sont reliées entre elles par un pinceau de soies (phrenulum) chez les papillons de nuit et un lobe membraneux (jugum) chez les papillons de jour. Les pièces buccales de la plupart des adultes ne sont plus que des vestiges ou forment une trompe tubulaire qui reste enroulée comme un ressort d'horlogerie sous la tête. Cette trompe se déroule sous l'effet de la pression hydrostatique et agit comme un tuyau de siphon pour aspirer les aliments liquides, tels le nectar des fleurs et d'autres substrats.

Classification

Il est difficile de classer des papillons. Leurs caractéristiques les plus

évidentes, la couleur et la forme des ailes, sont très variables. Des individus et des populations de la même espèce apparaissent parfois fort différents. De ce fait, la dénomination d'espèces et sous-espèces est douteuse. Ceci a conduit quelques biologistes, notamment ceux qui travaillent dans le domaine de l'écologie et de la génétique, à attribuer un nom à des populations plutôt qu'à des espèces et sous-espèces.

Cependant, les populations souvent évoluent et ceci introduit de nouvelles incertitudes. On a donc besoin d'un travail supplémentaire important dans le domaine de la systématique des papillons. La connaissance acquise devrait contribuer plus particulièrement à la préservation des espèces qui sont en voie de disparition.

L'un des caractères de base pour identifier les familles de lépidoptères repose sur la nervation alaire. Cependant ce caractère n'est guère accessible aux non-spécialistes. Pour les familles dont il est question dans cet ouvrage, nous ne donnerons que quelques particularités visuelles qui aideront à situer la famille, mais elles ne constituent pas des caractères qui permettent d'identifier la famille en toute certitude.

- **Hépialides.** Papillons de taille grande à très grande (envergure dépassant 20 cm chez les espèces géantes). Certaines espèces ont une coloration remarquable, vert ou rouge vif, parfois avec des zones nacrées. Antennes très courtes; prothorax et surtout métathorax bien plus développés que chez les autres familles. Classés dans les «papillons de nuit» (antennes non terminées en massue), leur vol est diurne, crépusculaire ou nocturne.
- **Bombycides.** Papillons nocturnes de taille petite à moyenne, à corps robuste. Antennes pectinées chez les deux sexes. Le ver à soie (*Bombyx mori*) appartient à cette famille.
- **Lycaenides.** Papillons de taille très petite à moyenne (20 à 45 mm), à vol rapide, très attirés par les endroits ensoleillés. Espèces souvent de couleur métallique, le plus souvent bleue, parfois verte ou rouge; dessous des ailes plus terne piqueté de points noirs. Pattes antérieures très grêles à tarse non segmenté et ne portant qu'une griffe terminale chez les mâles (tarse segmenté avec deux griffes chez les femelles). Dimorphisme sexuel très marqué chez certaines espèces. Les larves de nombreuses espèces sont myrmécophiles. Certaines espèces ont le bord postérieur des ailes prolongé en un appendice.

- **Lyonetides.** Papillons nocturnes de petite taille (5 à 10 mm) à ailes étroites et lancéolées, avec l'extrémité des ailes antérieures recourbée dorsalement ou ventralement.
- **Nymphalides.** Papillons de taille moyenne à grande, vol puissant, recherchant les endroits ensoleillés. Espèces souvent brillamment colorées, quelques espèces ont les ailes postérieures prolongées en un appendice. Pattes antérieures atrophiées inaptes à la locomotion. Certaines espèces (par exemple les *Charaxes*) sont attirées par les fruits très mûrs ou pourrissant ou encore par les excréments d'animaux.
- **Papilionides.** Papillons de taille moyenne à grande, souvent bien colorés (quelques espèces sont de couleur blanche qui pourrait les faire prendre pour des Piérides). Vol puissant. Antennes courtes et robustes, rarement légèrement dentées (genre *Graphium*). De nombreuses espèces ont les ailes postérieures prolongées en «queue» (cette particularité est présente chez quelques individus d'autres familles). Présence d'un éperon bien développé au tibia des pattes antérieures. En général pas de dimorphisme sexuel.
- **Piérides.** Papillons de taille petite à moyenne. Ailes presque

toujours de couleur blanche, jaune ou orangée avec fréquemment le bord externe ou le sommet de l'aile antérieure marqué de noir.

- **Riodinides.** Papillons de taille petite à moyenne (inférieure à 50 mm), corps grêle, coloration des ailes extrêmement variable. Beaucoup d'espèces ressemblent de façon frappante à des formes appartenant à d'autres familles (Lycaenides, Nymphalides, Papilionides, Satyrides). Pattes antérieures des mâles atrophiées non fonctionnelles.
- **Saturnides.** Papillons de taille grande à très grande, à corps robuste à aspect velu. Ailes présentant souvent des zones transparentes, non couvertes d'écailles. Antennes pectinées, plus fortement chez les mâles.
- **Satyrides.** Papillons de taille petite à moyenne, à vol faible et erratique. Ailes souvent de couleur sombre ornées d'ocelles de couleur variée plus ou moins vive; dessous des ailes marqué de fines stries. Pattes antérieures modifiées, à aspect de brosse allongée, non aptes à la locomotion. Dimorphisme sexuel souvent très marqué, les mâles ayant plus de zones colorées sur les ailes.

2.6.2 Biologie et physiologie

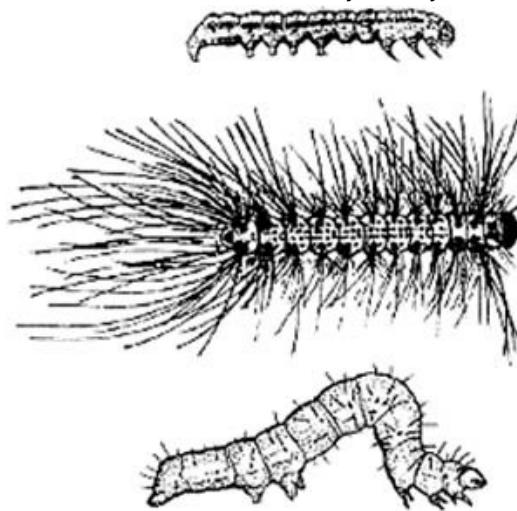


Figure 7. Caractères physiques des chenilles (2)

Presque toutes les larves des lépidoptères sont appelées chenilles. Elles possèdent une tête bien développée pourvue de pièces buccales broyeuses. En plus de trois paires de pattes sur le thorax, elles possèdent entre deux et huit paires de pseudo-pattes charnues abdominales, différentes des pattes thoraciques par leur structure. Presque toutes les larves de lépidoptères sont herbivores; certaines espèces se nourrissent de feuillages, d'autres creusent les tiges et les racines et d'autres encore sont des mineurs de feuilles.

Au cours de leur croissance, les chenilles abandonnent leur peau. Chaque nouvelle «mue» est appelée stade. On compte habituellement cinq stades avant que la larve ne soit suffisamment grosse pour se transformer en pupe. La nymphose est un stade de repos au cours duquel le papillon adulte se développe à l'intérieur de la chrysalide qui a une enveloppe dure et protectrice. Pour la transformation en chrysalide, la larve choisit souvent la face inférieure d'une tige ou d'une feuille pour se protéger de la pluie et des prédateurs.

Après une période qui varie de quelques jours à trois semaines selon l'espèce de papillon, l'enveloppe de la chrysalide s'ouvre et l'insecte adulte émerge. Ceci se passe d'habitude avant 9 heures le matin. L'adulte, fraîchement sorti de sa coquille, mettra 3 à 4 heures pour déployer et sécher ses ailes avant de prendre son envol pour se nourrir de nectar et chercher à s'accoupler pour recommencer un nouveau cycle de vie.

2.7 Ordre des Hyménoptères

2.7.1 Taxonomie

Mis à part quelques espèces aptères, les membres de cet ordre

possèdent deux paires d'ailes membraneuses, les postérieures étant plus étroites que les antérieures. Les pièces buccales des adultes sont du type broyeur ou broyeur-lécheur. Le plus vaste sous-ordre, auquel appartiennent les groupes traités dans cet ouvrage, se caractérise par l'abdomen relié au thorax par un mince pétiole plus ou moins long. Les abeilles, les guêpes, les bourdons et les fourmis appartiennent à ce sous-ordre.

Les hyménoptères sont des insectes holométaboles, donc à métamorphoses complètes: œuf, larve, nymphe, adulte. Beaucoup d'espèces possèdent un prolongement de l'abdomen qui sert d'oviscapte ou tarière - pour déposer ou introduire les œufs sur ou dans les végétaux ou les insectes qu'elles parasitent -, ou encore d'aiguillon relié à une glande à venin. Cet ordre d'insectes compte de nombreuses familles dont les espèces sont parasites externes ou internes d'autres insectes et concourent ainsi à la régulation naturelle - ou artificielle par l'intervention de l'homme - des populations de ces insectes.

2.7.2 Caractéristiques des familles reprises dans cet ouvrage

- Apides. Cette famille est peu homogène; elle comprend des apides**

terricoles solitaires, les abeilles sociales grandes productrices de cire et de miel, et des types intermédiaires.. Ces derniers englobent les Xylocopes, apides en général de grande taille, jusqu'à 30 mm, qui forent dans le bois d'œuvre exposé au soleil, et dont les mines larvaires peuvent en provoquer le bris. Les abeilles sociales sont bien connues, elles construisent des nids, faits de matières végétales triturées qui s'apparentent au carton, qui sont logés en terre, dans les anfractuosités d'arbres ou de rochers, ou suspendus en divers endroits, ou encore dans des abris fournis (ruches). Ces abeilles sont pourvues d'une «brosse» aux pattes arrières, constituée de rangées de poils raides, qui sert à récolter le pollen des fleurs lors du butinage. Les abeilles du genre *Apis*, auquel appartient l'abeille domestique *Apis mellifera*, ont les yeux velus, vivent en communauté comprenant une reine et trois castes: des ouvrières (butineuses, nettoyeuses, gardiennes, magasinières, nourricières) des femelles vierges et des mâles.

- **Formicides ou fourmis. Ces insectes sociaux familiers vivent sous toutes les latitudes et sont caractérisés par des antennes coudées après le premier segment, qui est long, et par un pétiole qui comporte soit un ou deux «nœuds» soit une ou deux épines.**

Références

(1) Goffinet G. [1976]. Ecologie édaphique des écosystèmes naturels du Haut-Shaba.III. Le peuplement en termites épigés au niveau des latosols. Rev. Ecol. Biol. Sols 13, 459-475.

(2) General entomology (Ent 425) course. North Carolina State University, Dept. of Entomology.

url: [http://www.cals.ncsu.edu/entomology.\(1998\)](http://www.cals.ncsu.edu/entomology.(1998)).

(3) Pesticide Education Resources. University of Nebraska-Lincoln.
url: [http://pested.unl.edu/cockcom.htm.\(1998\)](http://pested.unl.edu/cockcom.htm.(1998)).

(4) Wonderful world of insects. University of Exeter. UK.
url:[http://www.insect-world.com/main/six.html.\(1998\)](http://www.insect-world.com/main/six.html.(1998)).



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

**Publication 2003****date:****Number of pages:** 164**Publisher:** *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)***ISBN:** 0779-3642**Copyright holder:** *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)
- [1 Introduction](#)
- [2 Rappels de données de base](#)
- [3 Usages et production](#)

-  [4 Conclusions](#)
 -  [Couverture Arrière](#)
-

Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

 [Top](#)

BEDIM
Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage

Jacques HARDOUIN et Guy MAHOUX

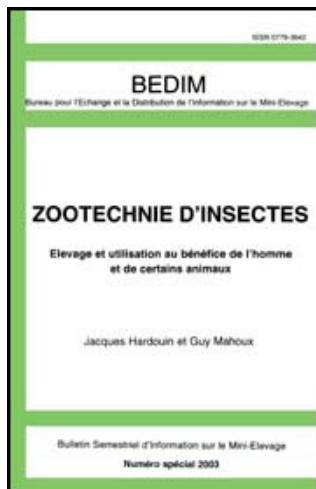
Bulletin Semestriel d'Information sur le Mini-Elevage
Numéro spécial 2003

ISSN 0779-3642

© 2003, BEDIM
Bureau pour l'Échange et la Distribution
De l'Information sur le Mini-élevage
Faculté universitaire des Sciences Agronomiques

**Passage des Déportés 2
B - 5030 Gembloux (Belgique)**

**Aux termes de la loi belge du 30 juin 1994 relative au droit d'auteur,
l'auteur a seul le droit de reproduire ce livre ou d'en autoriser la
reproduction de quelque manière et sous quelque forme que ce soit.
Ce droit comporte le droit d'en autoriser la traduction.**



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Publisher: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 9779-3642
Copyright holder: Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)
- [1 Introduction](#)
- [2 Rappels de données de base](#)
- [3 Usages et production](#)
- [4 Conclusions](#)
- [5 Annexes](#)
- [Couverture Arrière](#)

Note de l'éditeur

▲ [Top](#)

Cet ouvrage, mis en chantier il y a quelques années, sort finalement en 2003 comme une production de l'association internationale BEDIM

consacrée au mini-élevage. Le choix du Conseil d'Administration s'est porté sur une formule très économique sans illustrations en pleines pages ni en couleurs. L'objectif est de faire connaître une nouvelle zootechnie: celle des insectes. On pourra dorénavant parler d'entomoculture, puisqu'on connaît la caviaculture pour les cochons d'Inde de boucherie, l'achatiniculture pour les escargots géants, la raniculture pour les grenouilles, etc.

Avec un prix fort bas grâce à la vente directe, l'ouvrage devrait être accessible aux utilisateurs visés: zootechniciens classiques, développeurs, techniciens de vulgarisation, formateurs, producteurs et tous les autres qui oeuvrent pour le développement des populations rurales dans les pays tropicaux. Tous les renseignements concernant l'achat de ce livre peuvent être obtenus au secrétariat technique de BEDIM, c/o FUSAGx, passage des Déportés, 2 B-5030 Gembloux (Belgique). E-mail: goorickx.m@fsagx.ac.be

**Association internationale BEDIM
Bureau pour l'Échange et la Distribution de l'Information sur le Mini-
Élevage**

Titres déjà parus:

Le mini-élevage en milieu tropical (1992). Vidéo-cassette. VHS/PAL.

Existe aussi en anglais ou en espagnol. La présentation SECAM ou NTSC n'est disponible que si un tirage de 20 copies peut être effectué.

Prix: 7 euros (enlèvement à Gembloux) + 8 euros (frais de port).

Bulletin Semestriel d'Information sur le Mini-Élevage (1992 à ce jour). Semestrial Bulletin of Information on Minilivestock. Partie bilingue (anglais-français), partie en français ou en anglais, partie en espagnol; Survey of the literature.

Disponible par courrier électronique et sur le site web de BEDIM

Guides Techniques d'Élevage (8 pages R/V Din A5).

N° 1. Mensah GA., Ekue MRM. (2002). L'aulacode.

N° 2. Codjia JTC, Noumonvi RG. (2002). Les escargots géants.

N° 3. Hardouin J. (2000). Les grenouilles.

N° 4. Cicogna M. (2000). Les cobayes.

N° 5. Edderaï D. (2000). Les athérures.

N° 6. Hellebaut F. (2001). Les vers de terreau.

N°7. Hardouin J., Dongmo T., Ekoue SK., Loa C, Malekani JM.,

Malukisa M. (2000). Les asticots.

N°8. Malekani JM. (2001). Les cricétomes.

Disponibles en français uniquement, sur simple demande écrite.

Disponibles également par courrier électronique et sur le site web.

**BEDIM. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de
Gembloux. Bibliothèque. 2, passage des Déportés. 5030 Gembloux.
Belgique. goorickx.rn@fsagx.ac.be**

Paiement au nom de BEDIM, 4800 Verviers (Belgique)

Banque de la Poste: 000-0574065-19 (IBAN: BE 39-0000 5740 6519;

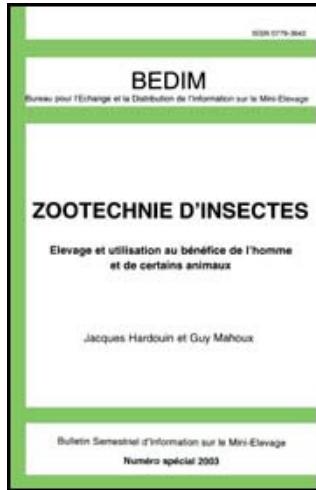
**BIC communauté européenne: BPOTBEB1; BIC autres pays:
GEBABEBB)**

Banque FORTIS: 001-2949595-95 (IBAN: BE76 0012 9495 9595;

BIC: GE BA BE BB)



**Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au
bénéfice de l'homme et de certains animaux**



Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Bureau pour l'Echange et la

Publisher: *Distribution de l'Information sur le
Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la
Distribution de l'Information sur le
Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)
- [1 Introduction](#)
- [2 Rappels de données de base](#)

-  [3 Usages et production](#)
-  [4 Conclusions](#)
-  [5 Annexes](#)
-  [Couverture Arrière](#)

Préface

▲ [Top](#)

Le bagage culturel d'un zootechnicien formé dans les pays soi-disant développés se limite normalement, en ce qui concerne l'entomologie, à la connaissance de la biologie relative aux insectes vecteurs de maladies de l'homme ou des animaux, ou de ceux qui provoquent des dégâts aux cultures. Par voie de conséquence les moyens de combattre ces arthropodes sont alors également envisagés habituellement. Mais rien de plus.

Par contre, en ce qui concerne l'élevage des insectes et les possibilités offertes au secteur rural par ce secteur, la compétence d'un zootechnicien « traditionnel » englobe au maximum des notions d'apiculture et de sériciculture. Cette situation trouve son explication dans les temps anciens lorsque l'exploitation des abeilles et des vers à soie faisait partie de la tradition des pays tempérés. Jusqu'au début

de la révolution industrielle, la sériciculture était déterminante pour le développement économique de vastes régions d'Europe.

Toutefois, dans de nombreuses zones tropicales et subtropicales, beaucoup d'autres espèces d'insectes représentent une importante ressource alimentaire protéique pour l'homme et certains animaux. Un usage en médecine traditionnelle existe également, tout comme l'utilisation de ces produits à des fins industrielles. Souvent, l'emploi d'insectes à des fins alimentaires représente une contribution importante quoique méconnue des points de vue nutritionnel, économique et écologique pour les communautés rurales de ces régions.

Il est surprenant que la pratique de l'entomophagie, décrite déjà dans la Bible ainsi que par des auteurs de l'Antiquité grecque et romaine, se soit perdue dans le monde occidental. Bien plus, des préjugés culturels non justifiés ont entraîné progressivement une diminution d'emploi de ces ressources naturelles là où elles étaient courantes, provoquant souvent par la même occasion un appauvrissement des rations alimentaires.

D'autre part, les énormes possibilités offertes par l'élevage

d'insectes ne constituent plus des informations insolites de voyageurs curieux. Aujourd'hui, les banques de données disposent d'informations abondantes provenant de travaux scientifiques qui illustrent les multiples possibilités d'emploi des insectes. Leurs caractéristiques nutritives par rapport aux besoins alimentaires de l'homme et des animaux sont également identifiées. D'autres travaux envisagent de mettre en évidence la possibilité d'employer les insectes comme aliments pour l'homme et de remplacer les farines de poissons dans les rations en aviculture et en pisciculture, mais la composition en acides gras des poissons ne doit pas être négligée. Toutefois, il devenait nécessaire de disposer d'une synthèse consacrée à cet aspect intéressant du mini-élevage.

C'est réellement pour cette raison que je suis très heureux de présenter aux lecteurs un volume consacré à la «zootechnie» des insectes que j'aurais aimé pouvoir consulter lorsque, il y a une trentaine d'années, j'ai entamé l'aventure passionnante que constitue le travail d'un zootechnicien tropicaliste. Dans ce contexte, j'ai eu la bonne fortune de rencontrer le Professeur Jacques Hardouin et d'en apprécier la passion peu ordinaire, sa compétence ainsi que son expérience professionnelle. Une vivacité d'observation associée à une honnêteté intellectuelle rigoureuse et à un profond respect des

autres s'ajoutaient à l'importance qu'il accordait aux habitudes des hommes rencontrés et à sa curiosité pour des espèces animales négligées par la zootechnie «classique», malgré leur importance évidente dans le monde rural tropical. Déjà alors, j'ai eu l'occasion d'entendre de sa propre voix certains des concepts développés dans ce volume, ce qui m'a beaucoup aidé à dépasser la conception sectorielle et traditionnelle de la zootechnie par une vision plus générale et moins académique de l'élevage. Une telle démarche est en effet indispensable si l'on espère agir d'une manière correcte et globale dans le milieu tellement délicat du développement rural dans les régions tropicales.

En donnant une forme concrète à ses idées, Hardouin est devenu le promoteur du mini-élevage et a fondé l'association internationale BEDIM afin de faire connaître les énormes potentialités offertes par l'élevage de petites espèces animales ignorées jusqu'à ce jour par la production animale classique. C'est en plus un moyen élégant de favoriser un développement intégré et durable par un recours contrôlé de techniques traditionnelles d'élevage améliorées par les connaissances scientifiques du monde occidental.

La rédaction de ce texte a bénéficié de la collaboration de Guy

Mahoux, autre zootechnicien tropicaliste, dont la grande expérience de terrain a permis de rester très près de la réalité en matière de formation et de vulgarisation. Son intérêt est en effet permanent pour l'amélioration des conditions de vie des petits agriculteurs ou des éleveurs dans les villages.

Les motivations qui sont à la base du texte dû à Mahoux et Hardouin se situent dans le droit-fil des préoccupations actuelles pour le maintien de la biodiversité et l'utilisation durable des ressources naturelles. Le livre fournit dès à présent la possibilité de tirer pleinement profit des énormes potentialités offertes par les innombrables ressources de la terre, grâce à l'association des connaissances scientifiques modernes et des innombrables us et coutumes en provenance des traditions culturelles.

Finalement, on trouve ici une belle manifestation de la capacité d'adaptation et du savoir-faire de l'homme.

**Professeur Mario Cicogna
Ordinario di Zootecnia generale e
Miglioramento genetico nella Facoltà di
Agraria dell'Università degli Studi di Milano**



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Bureau pour l'Echange et la

Publisher: *Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:



[Note de l'éditeur](#)





Préface Avant-propos



1 Introduction



2 Rappels de données de base



3 Usages et production



4 Conclusions



5 Annexes



Couverture Arrière

Avant-propos

▲ [Top](#)

Le terme «élevage» se rapporte habituellement à des espèces animales domestiquées dont l'homme veut retirer certains avantages (viande, lait, œufs, travail, cuir, matières fertilisantes,...) en contrepartie desquels il s'oblige à fournir à ces animaux abri, protection, soins, nourriture. Les principales espèces animales concernées sont des ruminants (bovins, bubalins, ovins, caprins, camélins) et des monogastriques (porcs, volailles).

Dans les pays tropicaux, la particularité essentielle de la production animale est la très faible productivité pondérale par tête. En ce qui

concerne la production d'équivalent carcasse (en kilos par an), si on compare les pays tropicaux aux pays développés, le rapport pour les bovins vivants et les petits ruminants est de 1 pour 6,5 et de 1 pour 2,5 respectivement. Pour la production laitière, ce rapport est de 1 pour 10 («*L'élevage en pays tropicaux*» par J. PAGOT, éditions Maisonneuve & Larose, 1985).

Les zootechniciens se sont donc attachés et s'attachent toujours dans ces pays à développer les productions animales par une modernisation et une intensification de l'élevage. Pourtant, le développement de ces productions animales «classiques» en zones tropicales ne cesse de se heurter à trois contraintes majeures: l'inflation, le déficit de la balance des paiements et la paupérisation du monde rural en relation avec l'exode rural. L'économie capitaliste n'est pas une panacée.

Celui qui passe sur les marchés des pays tropicaux va évidemment y trouver de la viande de bœuf, de porc ou de mouton mais il y découvre aussi des rats de brousse, des chauve-souris, des chenilles grillées, des aulacodes, des termites... Toutes ces espèces animales exploitées, et donc appréciées, ne font cependant l'objet que de chasse, braconnage ou cueillette. Il semblait dès lors logique de

penser à une voie potentielle de développement contrôlé de ces espèces animales locales.

En d'autres mots, n'existe-t-il pas une réponse pour ceux qui préfèrent consommer un ragoût d'aulacode plutôt qu'une entrecôte de bœuf grillée ? Peut-on remplacer par un produit local une farine animale importée pour alimenter ses pintadeaux ? Ce type de démarche intellectuelle est préconisé depuis plusieurs années par l'association internationale de droit belge «Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage» (BEDIM) et va précisément dans le sens d'une mise en valeur de ressources animales locales au bénéfice de l'homme, conformément à ses préférences et à ses souhaits, tout en respectant les équilibres naturels et l'environnement.

Parmi ces espèces, on peut citer certains escargots du genre *Helix* en Afrique du Nord, l'aulacode *Thryonomys* sp., le cricétome *Cricetomys* sp., des grenouilles, des escargots géants *Achatina* sp. et *Archachatina* sp., des chenilles ou des termites, voire des vers de terreau en Afrique sub-saharienne. Il ne faut pas oublier l'hydrochère *Hydrochaerus hydrocheris*, le vrai agouti *Agouti paca*, beaucoup d'autres rongeurs locaux, mais aussi des iguanes en Amérique latine,

le tangue *Tenrec ecaudatus* et de très nombreux insectes, lézards ou caméléons dans les îles de l'Océan Indien ou du Pacifique.

Voilà très rapidement esquissé le secteur auquel s'est attaqué le mini-élevage que les zootechniciens classiques connaissent mal mais qui pourrait apporter des éléments de réponse à leurs problèmes sur le terrain.

C'est dans cette optique que deux ingénieurs agronomes issus de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, en Belgique, ont décidé de rassembler dans un petit ouvrage les données accumulées depuis quelques années sur les possibilités d'utilisation des insectes en élevage de rente. Ces deux zootechniciens spécialisés en élevage tropical ont voulu montrer qu'il est parfaitement possible d'améliorer la productivité des espèces animales classiques en introduisant des insectes dans leur alimentation.

L'éleveur progressiste, ouvert aux technologies appropriées, devra donc par exemple installer un élevage de termites pour nourrir mieux, plus économiquement et plus régulièrement ses pintadeaux. Ailleurs, les ressources locales justifieront la création d'élevages de

papillons pour satisfaire une demande internationale. Ailleurs encore, des procédures très simples permettront de ravitailler les porcelets, les volailles, voire les poissons d'élevage avec des larves de mouches locales obtenues sous contrôle.

Les auteurs se portent garants vis-à-vis de leurs collègues que les techniques décrites dans cet ouvrage ont été ou sont utilisées. Il ne s'agit jamais de systèmes issus de l'imagination ou de la simple réflexion. Ils ont délibérément voulu que ce volume ne soit pas confondu avec un ouvrage d'entomologie: ce livre a été conçu pour des zootechniciens œuvrant dans le milieu tropical et désireux de profiter des données relatives à l'élevage d'insectes pour des usages directs ou indirects par l'homme.

Dans certains cas en effet, l'homme consommera lui-même certains insectes comme il l'a toujours fait, ce qui ne veut pas dire que l'entomophagie sera recommandée à tous. La composition de la nourriture de l'homme fait partie de sa culture la plus profonde et les modifications qui surviennent à l'occasion doivent rester spontanées. Cependant, il n'est plus admissible de considérer comme archaïques ou barbares des pratiques auxquelles certains ne sont pas accoutumés. Est-il plus anormal de manger une chenille que de

consommer une huître vivante ? Au lieu de dénigrer et étouffer des pratiques traditionnelles, il convient actuellement de les valoriser et surtout de ne pas s'encombrer d'idées préconçues.

La collecte d'informations, depuis plusieurs années, a bénéficié de l'aide constante de A. Roubinkova, ingénieur agronome, qui gère le Centre de documentation de la Bibliothèque centrale de la Faculté de Gembloux. Elle a droit aux remerciements très sincères des auteurs.

Un appui très apprécié, accompagné de commentaires ainsi que de rectifications et précisions scientifiques, a été assuré par Gaston Pierrard, ingénieur agronome de Gembloux, entomologiste compétent et fort réputé dans le monde tropical qu'il a parcouru pendant de nombreuses années. Qu'il soit ici remercié publiquement pour l'aide précieuse apportée.

Guy Mahoux Jacques Hardouin

Décembre 2002





ZOOTECHNIE D'INSECTES - ELEVAGE ET UTILISATION AU BÉNÉFICE DE L'HOMME ET DE CERTAINS ANIMAUX

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Publisher: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

Copyright holder: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)

-  [1 Introduction](#)
-  [2 Rappel sur les données de base](#)
-  [3 Usages et production](#)
-  [4 Conclusions](#)
-  [5 Annexes](#)
-  [Couverture Arrière](#)

1 Introduction

▲ [Top](#)

1.1 Le mini-élevage

L'élevage d'insectes ne constitue pas une originalité ni une nouveauté pour les entomologistes qui ont mis au point depuis longtemps les techniques appropriées pour obtenir les espèces qui les intéressent. Il s'agit dans la plupart des cas de produire suffisamment d'individus pour mener à bien des études scientifiques qui nécessitent des analyses statistiques, et donc un grand nombre d'observations ou de mesures. Parfois aussi les élevages sont destinés à produire des insectes qui serviront à nourrir d'autres animaux soumis à expérimentation.

Plus récemment on a vu se développer la production d'insectes, agents de lutte biologique, qui seront relâchés dans la nature en grand nombre. Dans certains cas également, des insectes sont employés pour nourrir des animaux de compagnie ou de rapport. Enfin, des collectionneurs élèvent des insectes pour accroître leurs collections ou procéder à des échanges.

Les situations relevées ci-dessus concernent typiquement des entomologistes amateurs ou professionnels. Le présent ouvrage est par contre consacré aux insectes susceptibles de faire l'objet d'un élevage à des fins orientées directement ou indirectement vers un revenu en nature ou en espèces. Cette dernière caractéristique s'appliquent parfaitement au mini-élevage mais ne suffit pas à le définir.

On peut en effet admettre aujourd'hui que le mini-élevage englobe toutes les espèces animales, en général de petite taille, qui font l'objet d'une utilisation quelconque par l'homme mais qui sont obtenues actuellement par cueillette (chasse, pêche, braconnage) alors qu'elles pourraient faire l'objet d'une production durable contrôlée par l'homme. Il s'agit toujours d'espèces bien connues sur le plan zoologique et biologique, exploitées de mémoire d'homme par

les habitants de la région où ces animaux vivent, et faisant l'objet d'une demande importante et même souvent croissante.

Il n'est pas rare que les habitants aient tenté par le passé, et parfois réussi, l'élevage de jeunes individus capturés lorsqu'une femelle reproductrice suitée a été tuée. D'une manière générale, les espèces faisant partie du mini-élevage ne rentrent pas dans les diverses catégories d'animaux dont les techniques d'élevage ou les pathologies sont intégrées aux programmes de formation des zootechniciens ou des vétérinaires.

Le terme «mini-élevage» est apparu en français vers 1985 après la parution aux États-Unis d'un ouvrage qui fait toujours référence intitulé «*Microlivestock / Little-known small animals with a promising economic future*»⁽¹⁾. Le terme «micro-élevage», traduction de «microlivestock», ne sera jamais employé en français dans le sens qui nous intéresse ici, où les espèces sont toujours macroscopiques, c'est-à-dire bien visibles à l'œil nu, quoique petites. «Micro-élevage» sera en effet réservé à la production de protéines animales à partir d'organismes microscopiques comme des bactéries par exemple. Un séminaire international tenu aux Philippines sur le mini-élevage des invertébrés⁽⁸⁾ confirmera l'usage des termes *mini-*

élevage / minilivestock.

Quelques années plus tôt, on avait vu apparaître dans la littérature européenne la notion d'élevage *non-conventionnel* qui recouvrait des animaux aussi différents que les escargots, les rats de brousse, les chameaux de Bactriane, les guanacos, etc. L'appellation *non-conventionnel* étant tout à fait subjective car relative au milieu écologique et culturel de celui qui utilise le terme, elle a été abandonnée progressivement et n'est plus utilisée actuellement.

Le mini-élevage regroupe donc des animaux appartenant à des catégories zoologiques très différentes mais qui ont tous en commun de pouvoir faire l'objet d'un élevage contrôlé pour le bénéfice de l'homme, et de ne pas être véritablement connus ou reconnus comme espèces à introduire dans des programmes de développement⁽⁵⁾. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une caractéristique éliminatoire, les espèces animales relevant du mini-élevage concernent presque toujours le milieu tropical.

À titre d'information, même si cet ouvrage est spécialement et uniquement consacré aux insectes dans le cadre du mini-élevage, il est bon de mentionner ici l'ensemble des groupes d'animaux qui sont

encore trop mal connus bien qu'ils soient susceptibles de faire l'objet d'un élevage durable sans grands investissements et dans le respect de l'environnement puisqu'il s'agit toujours d'espèces locales.

Parmi les vertébrés, le groupe le plus important est sans doute celui des rongeurs; c'est aussi celui pour lequel les connaissances en matière de production sont les plus avancées. Une demande extrêmement importante existe pour la viande des divers rats de brousse: en Afrique pour les aulacodes ou faux-agoutis *Thryonomys* ainsi que pour les cricétomes ou rats de Gambie *Cricetomys*, et en Amérique du Sud pour les capybaras ou «cochons d'eau» *Hydrochoerus*, les véritables agoutis ou «cotia» *Dasyprocta*, le mara *Dolichotis patagonum*, le paca *Agouti paca* et quelques autres. Au point de vue zoologique et systématique, il faut ranger très près de ce groupe des rongeurs le cobaye ou cochon d'Inde *Cavia porcellus* qui est en réalité un animal de boucherie très intéressant et fort consommé en Amérique du Sud et en Afrique, après l'avoir été également en Europe⁽⁴⁾. Un autre groupe de vertébrés qui devrait faire l'objet d'une production contrôlée est celui des grenouilles. Leurs exigences en matière d'élevage sont parfaitement connues, et quelques espèces font l'objet d'élevages commerciaux. Le commerce international des cuisses de grenouilles dans la Communauté

Européenne (à 12) est voisin de 25 millions d'euros par an⁽²⁾ (3).

Parmi les invertébrés, la place la plus importante est occupée par les escargots géants africains⁽⁷⁾ dont la chair est tellement appréciée sur place que les populations sauvages locales diminuent ou disparaissent dans certains endroits. Les connaissances en matière d'élevage des *Achatina* et *Archachatina* sont très avancées⁽⁹⁾.

Il faut aussi mentionner la production de vers de terreau ou vers de fumier, car leur rôle dans la transformation de débris végétaux en protéine animale est énorme. À ce titre, ils peuvent constituer une excellente source d'azote alimentaire dont la production est possible à très peu de frais, parfaitement valorisable par des volailles ou des poissons en zone tropicale⁽¹⁰⁾.

Le nombre d'espèces d'insectes est tellement important qu'il est normal d'en trouver aussi dans le secteur du mini-élevage. Cet ouvrage a pour but de synthétiser une grande partie des données disponibles en matière d'élevage d'insectes susceptibles d'être utilisés par l'homme. Un même schéma de présentation sera utilisé pour les différentes espèces décrites. Chaque fois que ce sera

possible, des données chiffrées seront fournies, notamment sur leur intérêt alimentaire et nutritif.

On ne trouvera cependant pas dans ce livre d'informations détaillées sur des insectes dont les techniques d'élevage sont parfaitement maîtrisées comme c'est le cas pour les abeilles et les vers à soie. De très nombreux ouvrages et films existent sur l'apiculture tempérée ou tropicale, et il en va de même pour la sériciculture. Néanmoins, on trouvera quelques indications sur l'utilisation éventuelle de certains sous-produits de ces deux types d'élevage.

Références

- (1) Anon [1991]. *Microlivestock. Little-known small animals with a promising economic future*. National Academy Press, Washington DC. 450 p.
- (2) Branckaert R. [1997]. Elevages d'espèces non conventionnelles: une activité en plein essor. *Rev. Mond. Zootech.*, 83, 2: pages 2-3 de couverture.
- (3) Hardouin J. [1994]. Commerce international de cuisses de grenouilles dans la CEE de 1988 à 1992. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*,

29 (2), 217-245.

- (4) Hardouin J. [1997]. Developing minilivestock as source of human food, animal feed or revenue: a brief overview. *Ecol. Food Nutr.*, 36 (Special Issue: Minilivestock), 95-107.
- (5) Hardouin J. [1995]. Minilivestock: from gathering to controlled production. *Biodiv. Conservat.* 4, 220-232.
- (6) Hardouin J., Stiévenart C. (eds). [1993]. Invertebrate (minilivestock) farming Proceeding of the Seminar EEC-DGXII/CTA/D SU/ITM. Philippines, Nov. 1992, 224 p.
- (7) Hardouin J., Stiévenart C., Codja J.T.C. [1997]. L'achaticulture. *Rev. Mond. Zootech.*, 83, 29-39.
- (8) Hardouin J., Thys E. [1997]. Le mini-élevage, son développement villageois et l'action de BEDIM. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 1-2, 92-99.
- (9) Stiévenart C. [1996]. *Morphologie coquillière, croissance, reproduction et estivation chez les escargots géants africains: observations au laboratoire sur Archachatina marginata suturalis*,

Achatina achatina et Achatina fulica. Thèse Ph.D. n° 5, IMT Anvers (Belgique), 204 p.

(10) Vorsters A. [1995]. *Production d'Eudrilus eugeniae (Kinberg, 1867) et son utilisation comme source de protéines en alimentation animale.* Thèse M.Sc. n° 29, I.M.T. Anvers, 82 p.

1.2 Les insectes

Il est difficile de situer l'époque à laquelle les insectes ont fait l'objet pour la première fois d'une utilisation quelconque, que ce soit par des hommes ou par des animaux. De nos jours, les cycles trophiques intègrent comme il se doit les insectes souterrains, aquatiques ou aériens dans les chaînes alimentaires. D'autre part, des spécialisations sont apparues chez certains mammifères et oiseaux qui se nourrissent quasi uniquement d'insectes. Les oiseaux insectivores, par opposition aux granivores par exemple, sont tributaires de la présence d'insectes alors que ceux-ci ne sont présents que lorsque les conditions climatiques leur sont favorables. En zones tempérées, l'absence d'insectes en hiver provoque le départ des oiseaux insectivores et leur migration vers des régions dont le climat convient mieux, à ce moment-là, au développement de leur

nourriture de base.

Certains insectes semblent avoir été consommés par l'homme depuis très longtemps, et l'entomophagie humaine n'est donc pas une nouveauté ni même seulement une mode. L'homme a constaté également qu'il pouvait augmenter les quantités d'insectes consommés naturellement par des animaux comme les poules et poussins, pintades et pintadeaux, mais aussi parfois par les porcs. Par ailleurs, il suffit d'observer les poissons dans la nature pour se rendre compte que certains d'entre eux viennent à la surface pour capturer des insectes adultes ou des larves. L'élevage d'insectes représente donc une voie susceptible de contribuer à une meilleure alimentation de l'homme et de certains animaux, et par voie de conséquence de réaliser des performances plus intéressantes.

Des utilisations moins courantes d'insectes se rencontrent dans diverses régions du monde où l'on recourt sans aucune hésitation à des insectes ou des produits obtenus à partir de ceux-ci afin de soigner certains troubles de la santé. Il s'agit souvent là d'un savoir traditionnel particulièrement riche, mais assez mal documenté⁽⁴⁾.

Enfin, d'autres emplois plus variés d'insectes peuvent être regroupés

sous la rubrique d'usages commerciaux. Il s'agit dans ces cas de valoriser certains insectes par d'autres voies que la consommation directe ou indirecte. Ce domaine extrêmement vaste comprend aussi bien les collections classiques que des utilisations artistiques, des productions industrielles comme la soie ou le miel ou des activités de recherche en pharmacologie⁽¹⁾, et même plus récemment le recours à des insectes pour favoriser le recyclage de déchets⁽³⁾. Ces diverses possibilités d'utilisation seront envisagées plus loin. On ne peut cependant passer sous silence la pollinisation que réalisent les insectes⁽²⁾ et souligner plus particulièrement le rôle important que jouent les abeilles solitaires, notamment les Mégachiles de la luzerne (*Megachile rotundata*) ainsi que l'abeille à cornes japonaise (*Osmia cornifrons*) bien plus efficace que l'abeille domestique pour polliniser des arbres fruitiers, tel le pommier. Dans le même ordre d'idées, des recherches sont en cours à l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique de France) et à l'Université de Bordeaux I pour utiliser au mieux le bourdon (*Bombus terrestris*) dans la pollinisation des tomates.

Mentionnons également ici le rôle ponctuel que certains insectes ont joué en tant que «désherbants sélectifs», et tout d'abord un papillon

argentin (*Cactoblastis cactorum*) introduit en Australie et dont la chenille a nettoyé quelque 100.000 hectares colonisés par des cactus du genre *Opuntia*, cactus utilisés pour délimiter les concessions et qui avait proliféré assez rapidement. Au Pérou, en 1988, pas loin de 20.000 hectares de plantations de coca ont été détruits par le papillon *Malumbia (Eloria noyesi)*.

On ne peut clore ces généralités sans évoquer l'utilisation de certains insectes comme agents de lutte biologique. L'exemple le plus classique est celui de coccinelles élevées en masse et lâchées dans les cultures envahies par les pucerons ou les cochenilles dont elles se nourrissent. Un autre est celui de la production de mâles stérilisés et relâchés dans les populations naturelles pour en réduire l'effectif (glossines ou mouches tsé-tsé, certaines mouches des fruits).

Références

- (1) Ding Zimian, Zhao Yongghua, Gao Xiwu [1996]. Medicinal insects in China. *Ecol. Food and Nutr.* 36, 209-220.**
- (2) Lamy M. [1997]. *Les insectes et les hommes. Une encyclopédie du monde des insectes.* Paris, Albin Michel. 415 p.**

(3) Ocio E., Viñaras R. [1979]. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 4, 227-231.

(4) Tango Muyay [1981]. *Les insectes comme aliments de l'Homme.* Kinshasa (Zaïre):CEEBA Publications, série II 69, 177 p.



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

Publication date: 2003

Number of pages: 164

Publisher: *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

ISBN: 0779-3642

**Copyright Bureau pour l'Echange et la
holder: Distribution de l'Information sur le
Mini-Elevage (BEDIM)**

Contents:

-  [Note de l'éditeur](#)
-  [Préface](#)
-  [Avant-propos](#)
-  [1 Introduction](#)
-  [**2 Rappels de données de base**](#)
-  [3 Usages et production](#)
-  [4 Conclusions](#)
-  [5 Annexes](#)

-  [Couverture Arrière](#)

2 Rappels de données de base

▲ [Top](#)

Introduction

Les rappels concerneront d'une part des notions de classification et d'autre part des données concernant la biologie des organismes.

La taxonomie est la science qui se consacre à la classification des espèces. Il est en effet très important d'éviter des confusions lorsqu'on évoque un animal déterminé. L'expérience montre qu'il n'est pas rare que des noms communs en français ou dans une autre langue moderne diffèrent selon les endroits pour une même espèce. Parfois aussi, un même nom vernaculaire est employé dans des régions différentes pour des espèces différentes. C'est notamment pour cela que chaque espèce vivante possède un double nom scientifique en latin valable partout dans le monde. Cette appellation comprend le nom du genre suivi du nom de l'espèce; dans certains cas, des précisions supplémentaires sont fournies pour des sous-espèces ou des variétés. Pour être complet, le nom scientifique est suivi par le nom du taxonomiste qui a décrit l'espèce ainsi que par l'année de la publication de cette description, par exemple *Cricetomys gambianus* Waterhouse 1840.

Tous les organismes sont répartis suivant une classification systématique en partant des catégories les plus générales pour finir aux groupes les plus individualisés, comme les espèces ou les sous-

espèces. On distingue ainsi, au tout premier échelon, le règne végétal et le règne animal; seul ce dernier comprend des espèces faisant partie du mini-élevage.

Les premiers grands groupes dans la classification sont appelés *Embranchements* (ou Phylums); parmi les principaux embranchements du règne animal, on peut citer les Annélides avec les vers, les Arthropodes avec les insectes, les Mollusques avec les escargots, les Cordés avec les vertébrés.

Chaque embranchement est divisé en *Classes*, les classes sont composées de différents *Ordres* eux-mêmes constitués de *Familles*. En allant de plus en plus loin dans la précision, on arrive alors aux *Genres* qui sont eux-mêmes composés de différentes *Espèces*.

Le terme ARTHROPODES signifie que les animaux de ce groupe possèdent des pattes articulées. Mais tous les arthropodes sont également caractérisés par le fait qu'ils n'ont pas de vertèbres mais un squelette externe composé de chitine, qui est une substance organique azotée. Leur corps et leurs membres sont constitués de segments mobiles les uns par rapport aux autres grâce à des articulations.

Quatre Classes principales doivent être mentionnées chez les arthropodes: celle des Crustacés (avec les écrevisses et homards par exemple) et celle des Myriapodes (les mille pattes) dont on ne parlera pas ici, celle des Insectes qui regroupe pratiquement toutes les espèces traitées dans cet ouvrage, et celle des Arachnides (avec les araignées, scorpions, acariens et tiques notamment). La classe des INSECTES représente plus de la moitié des espèces animales vivant actuellement sur la Terre. La très grande diversité des insectes explique que les systématiciens les ont répartis dans plus de trente Ordres, en fonction de leurs caractéristiques communes ainsi que de leurs différences. Il est hors de question de trouver ici des clés d'identification pour les insectes dont l'élevage et/ou l'emploi seront décrits.

Les éléments qui permettent une identification ne sont en général pas aisément employés par les zootechniciens, alors que leur usage est familier aux entomologistes. Ce volume qui se veut concret et pratique ne rappellera donc que les grandes caractéristiques des ordres dont font partie des espèces exploitées actuellement dans le cadre du mini-élevage.

Les *Dictyoptères* forment un ordre particulier comprenant des

insectes assez primitifs, dont les jeunes sont très semblables aux adultes qui possèdent des ailes réticulées. Ils sont très répandus dans la nature, extrêmement résistants et présents dans les endroits assez chauds comme les boulangeries ou les cuisines où de nombreux résidus organiques sont disponibles; le principal représentant de cet ordre est la blatte, de mœurs nocturnes et coureur rapide.

Les *Isoptères* (ou insectes à ailes égales) sont bien connus puisqu'on y trouve les termites. De même, les criquets et sauterelles que chacun peut reconnaître font partie de l'ordre des *Orthoptères* qui ont des mâchoires broyeuses et dont les ailes sont membraneuses.

Tous les insectes faisant partie de l'énorme ordre des *Coléoptères* possèdent la première paire d'ailes transformées en élytres cornées souvent très décorées qui servent à protéger au repos la seconde paire d'ailes qui sont membraneuses. Les pièces buccales sont de type broyeur. Il existerait plus de 300.000 espèces de coléoptères, parmi lesquelles les scarabées, hannetons, coccinelles, charançons, bousiers, ténébrions et bien d'autres plus ou moins fameux.

Les guêpes, abeilles et fourmis, insectes à vie sociale très élaborée,

appartiennent à l'ordre des *Hyménoptères*, insectes caractérisés par leurs deux paires d'ailes qui sont solidaires en vol. Il existe plus de 100.000 espèces dans cet ordre. L'élevage des abeilles, ou apiculture, est très bien connu et maîtrisé. Les caractéristiques de l'apiculture tropicale sont publiées et elle ne fait pas partie du mini-élevage.

On trouve encore les mouches et les moustiques dans l'ordre des *Diptères* (à deux ailes) qui sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'ailes normales alors que la grande majorité des insectes possèdent en principe quatre ailes. Dans ce groupe, la deuxième paire d'ailes est remplacée par une paire de balanciers. Les pièces buccales sont adaptées soit à la piqûre comme chez les moustiques et certaines mouches, soit à la succion. On signale l'existence de plus de 200.000 espèces dans cet ordre.

Le dernier ordre cité ici est celui des *Lépidoptères* (à ailes avec des écailles) qui est celui des papillons. Ces insectes parfois très colorés font l'objet de collections entraînant des échanges commerciaux importants. Les plus grands papillons peuvent atteindre plus de 20 cm d'envergure.

Les insectes se reproduisent essentiellement par des œufs, mais

quelques espèces sont vivipares comme les glossines ou mouches tsé-tsé. La durée d'incubation des œufs varie en fonction des conditions climatiques plus ou moins favorables. Après une période d'incubation naturelle différente selon les espèces, l'éclosion a lieu et donne naissance aux larves. Celles-ci peuvent ressembler fortement aux adultes, et on parle alors de métamorphose incomplète, ce qui est le cas par exemple pour la puce et la blatte. Mais dans divers ordres, les larves présentent un aspect tout à fait différent de l'adulte, comme pour les asticots et les mouches, ou les chenilles et les papillons. Il s'agit alors de métamorphose complète.

Les larves mangent beaucoup et dans la plupart des cas sont assez mobiles. En mini-élevage, on donne souvent la préférence à des espèces dont les larves sont dépourvues de chitine car la digestibilité de la protéine qui constitue cette carapace est très faible. Le cycle de développement normal classique passe par l'œuf puis la larve qui comporte plusieurs stades puis par le stade nymphe encore appelé chrysalide chez les papillons et pupe chez les diptères. Il s'agit d'un temps de repos et de maturation pour lequel la larve s'est préparée en accumulant des réserves et en finissant par s'envelopper d'une protection relativement résistante. Pendant le stade nymphal, l'insecte est en repos total, ne se nourrit pas, reste immobile là où la

larve s'est transformée en nymphe en se fixant le plus souvent sur un support, et subit une transformation complète de son corps. Il en sortira après un certain temps un adulte encore appelé «imago». La durée du cycle de développement varie d'une espèce à l'autre, de quelques jours à plusieurs mois, voire davantage et est influencé par les conditions climatiques.

La durée de vie de l'insecte adulte est relativement brève chez beaucoup d'espèces, et cette période est essentiellement consacrée à la reproduction. Les femelles une fois fécondées, parfois au cours d'un véritable vol nuptial, la préoccupation principale de l'insecte devient la recherche de plantes ou d'endroits qui permettront aux larves qui sortiront des œufs de se nourrir pour perpétuer l'espèce.

On peut considérer d'une manière générale que ce sont surtout les larves qui présenteront de l'intérêt lorsqu'il s'agira de produire une source de graisse et de protéines pour des animaux. Les délais de récolte depuis la ponte sont donc courts. Les substrats sur lesquels les larves se développent sont très variés mais ceux qui intéresseront le mini-élevage ne devraient en principe être constitués que de déchets, de débris organiques, de matières en décomposition ou de plantes poussant très facilement là où l'insecte concerné est présent.

Des fumiers et autres effluents d'élevage, des ordures ménagères ou urbaines, des sous-produits d'industries agricoles représentent quelques substrats susceptibles de fournir un nouveau modèle de production.

Pour sa part, l'homme consommera indifféremment des insectes adultes, parfois même riches en chitine, ou des larves selon les traditions alimentaires. Ces insectes pourront être mangés après avoir été frits dans l'huile ou préparés autrement, mais parfois également vivants, après en avoir éliminé certaines parties.

La mise au point de techniques d'élevage permettant de réaliser le cycle complet, d'adulte à adulte, dans des conditions de contrôle intégral par l'homme, repose évidemment sur la connaissance parfaite des exigences biologiques de chaque espèce concernée. Les méthodes de la zootechnie classique n'ont pas été mises au point autrement. En matière d'élevage d'insectes, la finalité interviendra car un objectif visant à produire des papillons adultes parfaits destinés à des collections de référence n'exige pas les mêmes contraintes que la production massive et en quantités régulières de larves de mouches pour nourrir des pintadeaux ou des poissons.

Les sous-chapitres suivants rappellent brièvement des généralités sur la taxonomie ainsi que la biologie des ordres d'insectes qui présentent un intérêt alimentaire ou économique, hors agriculture. Pour ce qui est de la systématique des familles de ces ordres, les informations données concerneront uniquement les familles qui sont traitées dans cet ouvrage, et elles se limiteront à des caractères visuels aisément perceptibles, qui n'ont donc qu'une valeur taxonomique limitée.

2.1 *Ordre des Dictyoptères*

2.1.1 Taxonomie

Les principaux représentants de cet ordre sont les mantes religieuses et les blattes appelées également cafards, cancrelats ou coquerelles. Les blattes sont des insectes ayant une forme subarrondie et aplatie, et de mœurs nocturnes; il en existe quelque trois mille cinq cents espèces. Les blattes forment un groupe ancien, et leur aspect a peu changé depuis 320 millions d'années. Les fossiles indiquent qu'elles proliféraient au Carbonifère, ère de leur apparition. Elles vivent dans des habitats diversifiés comme le compost, les zones humides bordant les chutes d'eau ou les cavernes abritant les chauves-souris,

certaines dans le sillage de l'Homme. Environ vingt-cinq espèces sont très largement répandues dans le monde entier.

Anatomie.

Les blattes sont des insectes plats et ovales dont la taille varie de 1 mm à plus de 9 cm à l'âge adulte. Elles n'ont pas toutes des ailes, mais même les espèces qui en sont dotées ne volent pas systématiquement. Les blattes sont des insectes non spécialisés et primitifs dont les jeunes ressemblent aux adultes. Principalement nocturnes, elles sont sensibles à la lumière. Leurs antennes et leurs poils leur permettent de détecter la nourriture et l'eau. Les cerques, structures sensorielles protubérantes situées à l'arrière de l'abdomen, sont sensibles aux infimes déplacements d'air. Ces organes permettent aux blattes de détecter un éventuel danger et de s'échapper en moins d'un dixième de seconde. Enfin, une cuticule huileuse les protège de la déshydratation.

Caractéristiques morphologiques.

- Ailes antérieures durcies ou coriaces à la base, avec de nombreuses nervures, repliées l'une sous l'autre sur l'abdomen quand l'insecte est au repos;**

- **ailes postérieures repliées en éventail lorsque l'insecte est au repos;**
- **antennes comportant plus de 12 articles;**
- **pièces buccales de type broyeur;**
- **fémurs arrières non renflés.**

Les principales espèces sont la blatte américaine qui a pour nom scientifique *Periplaneta americana*, la blatte germanique, *Blatella germanica*, et la blatte commune, *Blatta orientalis*.

Dans les régions atlantiques, l'espèce dominante est la blatte germanique. Cet insecte brun pâle de 14 mm, qui arbore des bandes plus sombres sur le dos, est parmi les plus petits du genre, mais aussi les plus envahissants.

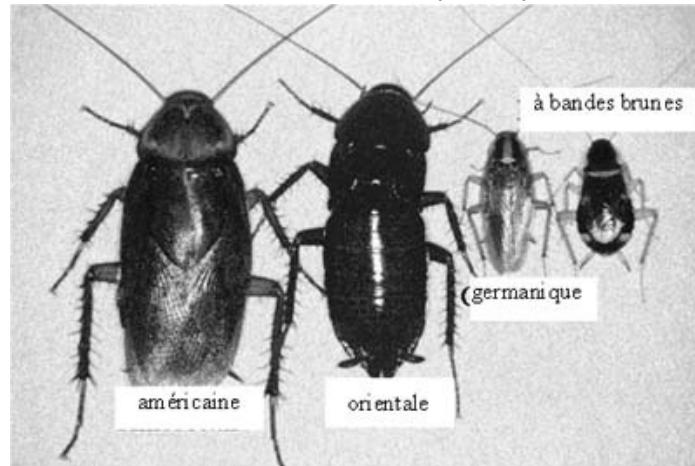


Figure 1. Principales espèces de blattes. (3)

La détermination du sexe est très difficile chez la blatte commune chez qui les deux sexes sont identiques en taille, forme et couleur. Le mâle de la blatte américaine se caractérise par la présence d'une paire de courts appendices, les styles ventraux sur le dernier sternite abdominal tandis que la femelle présente une carène ventrale fendue sur sa longueur à partir de l'abdomen. Enfin, chez la blatte germanique, le corps du mâle est élancé et les derniers segments abdominaux sont visibles tandis que celui de la femelle est massif et les segments abdominaux sont tous complètement recouverts par les

ailes antérieures au repos.

2.1.2 Biologie et physiologie

Les blattes (ou cancrelats) hantent la planète depuis environ quatre millions d'années.

Les blattes habitent tout endroit où elles peuvent trouver de la nourriture, de l'eau et un abri. Les habitations et d'autres bâtiments les attirent à cause des conditions chaudes et humides que leur offrent cuisines, salles de bains, sous-sols et système de tuyauterie. Leur présence ne dénote pas nécessairement un manque d'hygiène: elles peuvent en effet être amenées dans un bâtiment par divers objets, y compris des meubles usagés, des aliments, des bouteilles de bière ou de boissons gazeuses vides et des boîtes de livraison. Une fois dans un bâtiment, elles peuvent s'y installer sans mal et, comme elles sortent surtout la nuit, passer inaperçues un certain temps.

Les blattes sont attirées par les aliments qui contiennent de l'amidon, du sucre et des protéines, mais mangent de tout quand elles ont faim. Les blattes sont détritivores: elles se nourrissent dans les poubelles et les armoires, ainsi que des reliures de livres, de colle, de

papier, de plantes et d'animaux morts.

Si elles causent rarement des dommages dans les habitations qu'elles infestent, les blattes n'en provoquent pas moins une répulsion bien sentie. Après avoir circulé dans les déchets et les égouts, elles contaminent les aliments et peuvent répandre des maladies (salmonella, dysenterie) en marchant et en déposant leurs excréments sur les aliments ou les endroits où ceux-ci sont préparés.

Cycle de vie.

La parade nuptiale diffère selon les espèces. Lorsque la blatte américaine est prête à s'accoupler, la femelle produit une substance chimique, une phéromone, qui attire les mâles. D'autres espèces montrent des comportements plus élaborés. Elles produisent des sifflements, agitent et font onduler leur abdomen ou se mordillent. Les mâles d'une espèce africaine forment des groupes hiérarchisés et les femelles s'accouplent de préférence avec le mâle dominant.

Le cycle biologique de la blatte se déroule en trois stades: l'œuf, la larve et l'adulte. La femelle produit un sac à oeufs (oothèque) de couleur brune qui contient jusqu'à une trentaine d'œufs selon l'espèce; elle le dépose dans un endroit bien abrité parfois après

I l'avoir transporté quatre semaines avec elle. Les larves émergent après environ trois semaines et passent par plusieurs stades de croissance, durant une période qui peut atteindre trois mois, avant de devenir adultes. Les larves ressemblent aux adultes, mais sont plus petites et de couleur plus claire.

Remarque: Les espèces se distinguent par l'utilisation de leur sac à œufs ou oothèque. La blatte américaine abandonne rapidement son oothèque et les œufs éclosent seuls. La blatte germanique conserve l'oothèque à l'extrémité de son ovipositeur et ne la dépose que lorsque les œufs sont prêts à éclore. Une oothèque contient de six à trente-deux œufs selon les espèces. Les blattes conservant leur oothèque semblent faire preuve, dans une certaine mesure, de soins maternels, et les jeunes demeurent souvent près de leur mère pendant plusieurs jours.

	<i>Periplaneta americana</i>	<i>Blatta orientalis</i>	<i>Blattella germanica</i>
Oothèques (nombre)	10-90/femelle	5-10/femelle	1-8/femelle
Œufs (nombre)	6-28/oothèque	8-	24-

		18/oothèque	26/oothèque
Incubation (durée)	40-63 jours	45 jours	5 minutes
Mues (nombre)	9-13	7-12	5-8
Vie larvaire (durée)	5-9 mois	5,5-10 mois	38-90 jours
Vie adulte (durée en laboratoire)	2 ans	2 ans	128-232 jours

Rôle écologique.

En raison de leur répartition et de leur nombre, les blattes jouent un rôle important dans les écosystèmes. Elles se nourrissent d'aliments très variés, y compris d'autres blattes, grâce à la grande diversité des bactéries et des protozoaires vivant dans leur intestin. Elles contribuent à accélérer la décomposition du compost forestier et des matières fécales des animaux. Les blattes sont, à leur tour, les proies de divers animaux et toujours chassées par l'homme. Ces insectes sont également des animaux de laboratoire, faciles à soigner et inoffensifs, car ils ne piquent pas et ne mordent pas.

2.2 Ordre des Isoptères

2.2.1 Taxonomie

Les termites, appelés «fourmis blanches» par les Anglo-Saxons, appartiennent à l'ordre des Isoptères: les adultes ailés possèdent quatre ailes de même taille, forme et nervation.

À l'instar des blattes et des mantes, les termites sont plus abondants dans les climats tropicaux et subtropicaux. On dénombre à travers le monde un total de 7 familles et d'environ 2.300 espèces. La famille des Termitides regroupe à elle seule 75 % des espèces connues.

Caractères physiques des ouvriers et des soldats.

- Corps de couleur pâle, quelque peu dans la ligne des fourmis mais avec une grosse jonction entre le thorax et l'abdomen;**
- yeux composés petits ou absents;**
- tête grande et cylindrique (soldats) ou petite et ronde (ouvriers);**
- antennes «perlées»;**

- **pièces buccales configurées pour mâcher, consistant parfois en de très grandes mandibules;**
- **dépourvus d'ailes (aptères).**

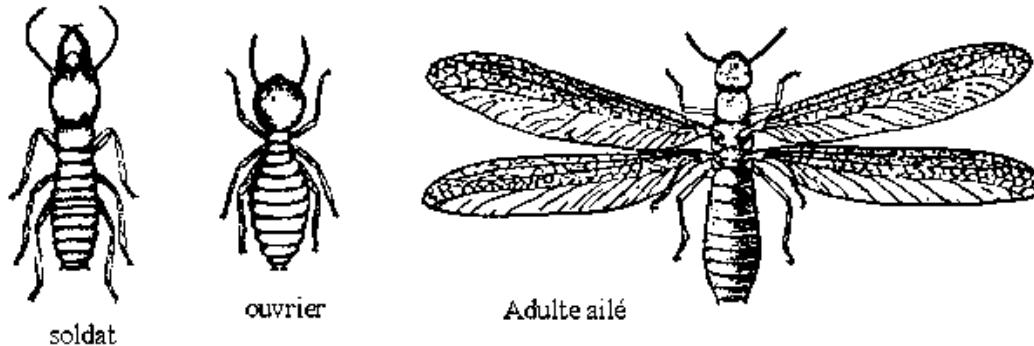


Figure 2. Caractères physiques des termites (2)

Caractères physiques des adultes sexués.

- **Corps pigmenté de couleur sombre;**
- **tête bien développée avec pièces buccales configurées pour mâcher et antennes «perlées»;**
- **présence d'yeux composés;**

- **deux paires d'ailes membraneuses, semblables en forme et en taille, tombant peu avant la parade nuptiale.**

2.2.2 Biologie et physiologie

Les termites sont les seuls insectes qui font preuve d'un véritable comportement social et qui sont aussi hémimétaboles, c'est-à-dire qui ne manifestent que des métamorphoses incomplètes: œuf, larve, adulte.

Cycle de vie.

Les œufs sont généralement pondus individuellement mais chez les *Mastotermes* primitifs, ils sont englués dans une sécrétion gélatineuse et regroupés en doubles rangées de 16 à 24 unités. La durée de l'incubation varie de 24 à 90 jours et les œufs peuvent même hiberner dans les climats plus froids. Dans les colonies établies, on observe sept stades larvaires mais ce nombre peut varier en fonction de divers paramètres tels que la température, l'humidité relative, l'âge et la taille de la colonie.

La fondation d'une colonie se réalise dans la majorité des cas par des

essaimages de reproducteurs principaux. La période d'essaimage et le moment de la journée où il se situe sont propres à chaque espèce. La sortie du sol ou de la termitière des adultes ailés survient, pour de nombreuses espèces, après un laps de temps assez précis, faisant suite soit à une averse, soit à une certaine quantité de précipitations reçues. Ainsi un premier contingent d'espèces sont inféodées au retour des pluies. L'existence d'une saisonnalité des essaimages d'adultes semble bien établie, même sous climat tropical humide.

Les performances de vol sont faibles et un vol de 500 mètres est considéré comme un bon vol.

Les femelles ou futures reines soit se tiennent alors immobiles et émettent une phéromone pour attirer un mâle ou futur roi, soit se mettent à tourner en tous sens pour en trouver un. Après la parade sexuelle qui comprend des coups de tête et des caresses d'antennes mutuelles et l'acceptation du mâle par la femelle, ils partent en tandem pour creuser un tunnel dans un morceau de bois ou dans le sol, tunnel au bout duquel ils aménagent une chambre nuptiale dans laquelle ils se cloîtront et commencent la construction du nid. Les larves écloses des premiers œufs peu nombreux sont nourries par le produit de régurgitation de la reine; très vite, cependant, elles se

mettront à mâcher du bois. Une termitière type contient un couple royal, des œufs, des larves, des ouvrières (chargées d'une part de l'alimentation du couple royal, des larves et des soldats, et d'autre part des tâches d'entretien et d'agrandissement de la termitière), des soldats chargés de la défense de la termitière, et à certains moments d'individus sexués ailés. Selon les espèces, la population de la termitière compte quelques dizaines à quelques millions d'individus, le maximum de population étant atteint après 2 à 10 ans.

Habitat.

Les termites les moins évolués vivent dans le bois mort, leur termitière étant constituée par les tunnels qu'ils créent pendant qu'ils sont en quête de nourriture: ce nid ne possède donc pas de structure réelle. D'autres espèces, notamment des *Rhinoterpes*, *Reticulitermes* et *Coptotermes* connues sous le vocable «termites souterrains» construisent leur nid sous le sol mais attaquent les structures ligneuses en surface.

Certaines espèces bâtissent leur nid dans les arbres, un peu à la façon des guêpes.

Quant aux termites évolués, ils construisent des nids établis au

niveau du sol. Ces derniers se scindent en monticules hauts de 10 à 30 cm ou en buttes d'environ un à parfois deux mètres de hauteur, ou encore en tertres de 4 à 8 mètres de hauteur. Beaucoup d'espèces construisent des nids très élaborés.

Organisation.

Chaque nid contient des adultes sexués (une reine et un roi), ainsi que des centaines ou des milliers voire des millions de larves et d'imagos.

Reproducteurs principaux

Ils présentent une coloration plus foncée que celle des autres membres de la colonie et possèdent deux paires d'ailes qu'ils perdent en touchant le sol après le vol nuptial, avant l'accouplement. Après l'accouplement, ils sont appelés reine et roi. Avec le temps, l'abdomen de la reine atteint des dimensions spectaculaires. Chez le terme africain *Macrotermes subhyalinus*, le corps de la reine est tellement gonflé par les œufs qu'elle ne peut plus se déplacer. Il peut atteindre 14 cm de long et 3,5 cm de diamètre.

Chez certaines espèces, le roi et la reine peuvent vivre jusqu'à 15 ans

et, pendant la plus grande partie de sa vie, la reine pondra un œuf toutes les 15 secondes avec une période de pointe d'un œuf toutes les 3 secondes, soit pas loin de 30.000 œufs par jour. Au cours de sa vie, la reine pondra 10 millions d'œufs. Ces reproducteurs ont un cerveau plus développé que les autres individus et ils suppriment le développement sexuel du reste de la colonie grâce à des hormones qu'ils sécrètent et qu'ils font passer d'un individu à l'autre par un échange anal-oral appelé «trophallaxie». Une fois bien établie dans son nid, la reine ne se nourrit plus de bois mais de la salive des ouvriers et/ou de champignons chez les Macrotermitines.

Ouvriers stériles

Les ouvriers construisent et maintiennent le nid en bon état, organisent les expéditions de recherche d'aliments et prennent soin des œufs, des jeunes et de la reine. Un dimorphisme sexuel existe chez les espèces évoluées, les mâles étant les grands ouvriers et les femelles les petits ouvriers. Les organes sexuels sont présents, mais réduits et non fonctionnels.

Soldats

Ce sont les défenseurs du nid que l'on trouve dans tous les genres de

termites. En général, ils sont d'un seul sexe, mâle dans certaines familles et femelle dans d'autres. Ils sont pourvus d'une grosse tête sclérosée.

Les termites sont les organismes vivants qui prédominent dans les forêts et savanes tropicales. La taille de leurs populations varie habituellement entre 2.000 et 4.000 individus par m² mais on peut trouver des populations qui comptent 10.000 individus par m². Leur biomasse (jusqu'à 22 grammes par m²) est supérieure à la biomasse combinée de toutes les espèces de vertébrés vivant dans la même zone.

Les nids de certaines espèces de termites, comme *Macrotermes bellicosus* en Afrique de l'Ouest, peuvent abriter jusqu'à 5 millions d'individus.

Alimentation.

Les termites jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique; dans les pays tropicaux et subtropicaux, ils émiettent et recyclent environ un tiers de la production annuelle de bois mort.

Les termites peu évolués ne possèdent toutefois pas les enzymes nécessaires pour briser la cellulose, mais ils vivent en relation symbiotique avec un ou plusieurs protozoaires flagellés qu'ils hébergent dans leur tube digestif et qui digèrent la cellulose des fibres de bois ingérées. Ces protozoaires bénéficient d'un environnement stable et d'un approvisionnement constant en bois, et les termites reçoivent en échange de l'acide acétique et d'autres acides organiques simples qu'ils peuvent métaboliser. Ils perdent leur flore intestinale à chaque changement de stade et doivent s'inoculer de nouveau chaque fois à partir des sécrétions anales d'un autre membre du nid.

Les termites évolués (notamment les Termitides) n'hébergent pas dans leur intestin ces protozoaires mais plutôt des bactéries anaérobiques qui, pense-t-on, ne jouent pas un rôle important dans la digestion de la cellulose: on suppose que les Termitides peuvent sécréter eux-mêmes une cellulase, enzyme capable de casser les chaînes cellulosiques.

Chez les termites évolués, notamment dans la famille des Hodotermitides, certaines espèces fourragent à l'extérieur du nid. En Afrique du Sud, *Odontotermes latericus* récolte des herbes sèches et

des graines qu'il stocke ensuite dans des greniers à l'intérieur du nid. En Australie, *Nasutitermes triodiae* stocke de l'herbe sèche dans des cavités aménagées dans les parois de la termitière tandis que *Hospitalitermes monoceros* ou terme noir du Sri Lanka envoie de grandes colonnes d'ouvriers, protégés par les soldats, fourrager des lichens pour nourrir la progéniture.

Les Macrotermitines sont une sous-famille des Termitides dans laquelle certains membres de l'espèce aménagent des champignonnières à l'intérieur de la termitière. Les ouvriers fabriquent une pâte à partir de fibres végétales et l'inoculent avec les spores d'un champignon symbiotique. Les termes se nourrissent alors des structures particulières produites par les champignons. Chaque espèce de terme a son propre champignon que l'on ne peut trouver nulle part en dehors du nid.

Goffinet (1976) (1) reconnaît trois types de régime alimentaire, à savoir:

- Le groupe des humivores dominé par les espèces du genre *Cubitermes*.**

- **Le groupe des lignivores sciaphiles auquel appartiennent notamment les représentants du genre *Macrotermes*.**
- **Le groupe des termites à régime alimentaire mixte, essentiellement fourrager.**

2.3 Ordre des Orthoptères

2.3.1 Taxonomie

Les principaux représentants de cet ordre sont les criquets, les sauterelles, les courtilières et les grillons.

Le mot Orthoptères provient du grec «orthos» qui signifie droit et «pteron» qui signifie aile: ces insectes présentent comme caractère de reconnaissance des ailes antérieures avec une disposition à côtés parallèles.

Les ailes antérieures, sèches et épaisse se replient vers l'arrière sur l'abdomen pour protéger les ailes postérieures qui sont membraneuses et en forme d'éventail.

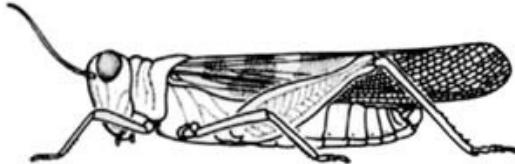


Figure 3. Caractères physiques des Orthoptères (2) (4)

Caractères physiques des formes adultes.

- **Antennes filiformes;**
- **pièces buccales broyeuses, hypognathes;**
- **pronotum en forme de bouclier, couvrant la plus grande partie du thorax;**
- **ailes antérieures étroites, cornées (tegmina);**
- **ailes postérieures membraneuses en forme d'éventail;**
- **pattes postérieures généralement adaptées pour le saut (surdéveloppement du fémur);**
- **tarses composées de 3-4 segments;**

- **cerques courts, non segmentés.**

Caractères physiques des formes immatures.

- **Structure similaire à celle des adultes;**
- **développement de coussinets alaires souvent visibles sur le thorax.**

Parmi les familles de l'ordre des Orthoptères figurent les Acridides qui comptent les criquets migrants, tel le criquet pèlerin et le criquet migrant africain, qui de temps en temps dévastent encore des régions agricoles entières; les Tettigoniides, sauterelles herbivores, souvent vertes à longues antennes fragiles; les Gryllotalpides ou courtilières, encore appelées grillons-taupes, possèdent des pattes antérieures fouisseuses, la plupart des espèces de cette famille se nourrissent de racines de plantes (*Gryllotalpa africana* est une espèce comestible très appréciée sous les tropiques).

Les Gryllides.

- **Les Gryllides ou vrais grillons ont une tête grosse et globuleuse, les tibias postérieurs armés de deux rangées d'épines, et les femelles ont un oviscapte cylindrique ou en forme de lame, à sommet lancéolé. Les Gryllides sont herbivores, voire carnassiers. Cette famille inclut le grillon domestique, *Acheta domesticus*.**

2.3.2 Biologie et physiologie

Cycle de vie.

Les œufs sont déposés dans des endroits fort variés. La ponte de la plupart des Acridides se fait dans la terre, les œufs sont pondus en masse et enfermés dans une enveloppe mousseuse qui durcit rapidement. Chez les ensifères, les œufs sont toujours pondus isolément ou par petits groupes, qui ne sont qu'exceptionnellement agglutinés par un mucus; la ponte se fait dans la terre ou dans les tissus des végétaux.

Si les conditions climatiques sont défavorables - sécheresse, basse température - les œufs passent par une période de repos, une diapause, pour n'éclore que lorsque les conditions redeviennent

favorables. Chez certaines espèces, cette période de repos des œufs peut perdurer pendant deux voire trois ans.

Les larves éclosent d'abord dans une sorte de camisole de force qui enveloppe tous leurs membres en les maintenant plaqués le long du corps: à ce stade, elles sont appelées «larves primaires». Elles cheminent alors lentement vers la surface en repoussant la terre ou la mousse au-dessus d'elles à l'aide d'un sac expansible situé à la base supérieure de leur cou (la membrane cervicale) qui déblaie un peu de matière chaque fois qu'il est gonflé par un afflux de sang. Chez les sauterelles et les criquets, plusieurs larves peuvent travailler de concert pour forcer l'ouverture du couvercle de leur enveloppe de «mousse».

Lorsqu'elles atteignent la surface, elles se débarrassent de leur exuvie («ancienne peau») et se mettent en quête de nourriture; d'abord de couleur blanc pâle, elles acquièrent leur couleur normale au bout de quelques heures.

On compte 6 à 9 stades larvaires chez les sauterelles, 5 à 6 chez les acridides et 10 à 15 chez les grillons.

La plupart des espèces sont univoltines (une génération par an) mais

des grillons-taupes ont un cycle de vie bivoltin (deux ans).

L'accouplement peut durer de 20 minutes à plusieurs heures. Le mâle produit une masse gélatineuse (spermatophore) qu'il attache à l'ouverture génitale des femelles: cette vésicule, souvent d'aspect laiteux contient les spermatozoïdes qui pénètrent les voies génitales de la femelle. Dès la fin de l'accouplement, la femelle commence à manger le spermatophore.

Habitat.

On trouve les Orthoptères dans la plupart des habitats: la majorité des espèces habitent les savanes et les forêts, mais on peut en trouver sur les plages (*Pseudomogoplis squamiger*) ou dans les régions marécageuses (*Stethopyma grosum*, *Metriopter brachyptera*); les grillons camélins sont naturellement cavernicoles et le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* vit dans les régions désertiques et semi-désertiques tandis que le grillon-taupe (*Gryllotalpa gryllotalpa*) a un habitat souterrain.

Beaucoup d'espèces sont arboricoles (*Anacridium melanorhodon*, le criquet arboricole du Soudan) et quelques-unes trouvent leur bonheur dans l'eau, voire sous l'eau (*Tetrix subulatum*).

Si quelques espèces sont très cosmopolites, telle la sauterelle des prés (*Chorthippus parallelus*) et le grand grillon vert des buissons (*Tettigonia viridissima*), d'autres ne se trouvent que dans des habitats spécifiques comme la sauterelle terrestre turque (*Tetrix tuerki*) qui ne vit que sur les rives gravillonnaires des torrents alpins ou le grillon fourmi (*Myrmecophilus acervorum*) qu'on ne trouve que dans les fourmilières et qui se nourrit de sécrétions des fourmis.

Alimentation.

La majorité des orthoptères se nourrissent de matières végétales; seules les sauterelles et quelques grillons sont reconnus comme stricts herbivores; les acridides et la plupart des autres espèces sont omnivores et mangent tout ce qui leur tombe sous la «dent»...

Certaines espèces sont cependant d'abord des carnivores et d'actifs prédateurs, comme par exemple le *Decticus* à face blanche chez les Tettigoniides.

2.4 Ordre des Coléoptères

2.4.1 Taxonomie

Le nom coléoptère tire son origine des mots grecs «koleos» qui signifie étui, gaine et «pteron» qui signifie aile: référence est faite aux ailes antérieures modifiées (élytres) qui servent de couverture protectrice pour les ailes postérieures membraneuses.

Les coléoptères constituent l'ordre le plus vaste de la classe des insectes puisque l'on dénombre plus de 150 familles et quelques 250.000 espèces à travers le monde. Ils constituent également l'ordre le plus vaste du règne animal en incluant plus de 40 % de tous les insectes et près de 30 % de toutes les espèces animales. Les coléoptères sont holométaboles, c'est-à-dire qu'ils se caractérisent par des métamorphoses complètes: œuf, larve, nymphe, adulte.

Au stade adulte, la plupart des coléoptères présentent un exosquelette dur qui recouvre et protège la plus grande partie de leur surface corporelle. Les ailes antérieures appelées élytres sont aussi dures que le reste de l'exosquelette. Elles se replient sur l'abdomen et servent d'étui protecteur aux grandes ailes postérieures membraneuses. Lorsque l'insecte est au repos, les deux élytres se rejoignent sur leur longueur au milieu du dos, formant ainsi une ligne droite qui est probablement la caractéristique la plus distinctive de cet ordre. Pendant le vol, les élytres sont tenues à l'écart des côtés

du corps et fournissent une certaine stabilité aérodynamique.

Les larves et les adultes possèdent des pièces broyeuses qui comprennent de puissantes mandibules.



carabe



scarabée



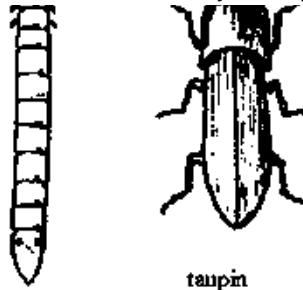


Figure 4. Caractères physiques des coléoptères (2)

Caractéristiques physiques du stade adulte.

- **Pièces buccales broyeuses (parfois localisées dans le prolongement d'un bec ou rostre);**
- **ailes antérieures (élytres) dures servant d'étui aux ailes postérieures et se rejoignant en une ligne médiane sur le dos;**
- **grandes ailes postérieures membraneuses, repliées sous les élytres;**
- **tarses comprenant 2 à 5 articles.**

Caractéristiques physiques des stades immatures.

- **Tête bien développée; présence d'ocelles et de pièces buccales adaptées à la mastication;**
- **trois paires de pattes thoraciques; pas de pseudo-pattes abdominales;**
- **abdomen comptant dix segments;**
- **forme du corps:**
 - **campodéïforme: mince, élancée; rampeurs actifs;**
 - **scarabéïforme: corps charnu en forme de C, ressemblant à un gros ver;**
 - **élatériforme: vers «fil de fer», allongés, cylindriques, avec exosquelette dur et pattes grêles.**

Familles reprises dans cet ouvrage.

- **Méloïdes. Coléoptères de taille moyenne à grande, à corps mou et à**

tête large rétrécie en cou à l'arrière. Prothorax plus étroit que la base des ailes en repos. Ailes de couleur terne ou de couleur vive uniforme ou marquée de bandes. Cette famille comprend des espèces vésicantes («blister beetles» des anglophones) et d'autres réputées erronément comme aphrodisiaques. Beaucoup d'espèces sont floricoles à l'état adulte.

- **Scarabéides. Coléoptères robustes, pattes souvent armées d'épines robustes sur le fémur et le tibia. Antennes lamellées caractéristiques, la massue étant formée de lamelles orientées d'un seul côté. Les larves vivent dans le sol, dans des débris organiques ou encore dans les excréments d'animaux.**
- **Ténébrionides. Coléoptères de forme et de taille très variables, de couleur sombre. La majorité ont un régime saprophage, mais certains fréquentent les fleurs, le bois pourri et d'aucuns les denrées emmagasinées et les industries alimentaires. Famille la plus représentée dans les climats désertiques.**

2.4.2 Biologie et physiologie

L'alimentation est fort variée et correspond évidemment à l'habitat qui comprend toute la gamme d'environnements terrestres et d'eau

fraîche; les styles de vie sont tout aussi variés. Beaucoup d'espèces sont herbivores et adaptées à s'alimenter à partir de racines, tiges, feuilles ou des structures de reproduction de leurs plantes hôtes. Certaines espèces se nourrissent de champignons, d'autres se logent dans les tissus des plantes, d'autres encore creusent des tunnels dans le bois ou sous les écorces.

D'autres coléoptères sont des prédateurs. Ils vivent dans le sol ou dans la végétation et attaquent une grande variété d'invertébrés. Les coccinelles par exemple sont des agents importants de contrôle biologique des aphides (pucerons) et des cochenilles. Certains sont charognards, se nourrissant essentiellement de cadavres de grands ou petits animaux, de matières fécales, de bois en décomposition ou d'autres matières organiques mortes. Certains sont même des parasites internes d'autres insectes; quelques uns vivent dans les nids des fourmis et termites et d'autres enfin sont des parasites externes des mammifères.

2.5 Ordre des Diptères

2.5.1 Taxonomie

Le mot diptère est dérivé du mot grec «di» qui signifie deux et

«pteron» qui signifie aile par référence au fait que les vraies mouches n'ont qu'une seule paire d'ailes.

Les Diptères comptent à travers le monde environ 130 familles et près de 100.000 espèces. Ce sont des insectes holométaboles, à métamorphoses complètes: œuf, larve, pupe et adulte. On les divise habituellement en trois sous-ordres:

- **les Nématocères à antennes longues composées de nombreux articles;**
- **les Brachycères à antennes ordinairement courtes et de huit articles;**
- **les Cyclorrhaphes à antennes de trois articles terminées par une soie.**

Plus que tout autre groupe d'insectes, les diptères ont probablement un impact économique très important sur les hommes. Quelques espèces sont nuisibles aux cultures tandis que d'autres transmettent des maladies aux humains et aux animaux domestiques. À l'opposé, beaucoup de diptères sont bénéfiques, particulièrement celles qui

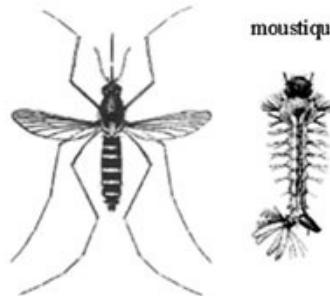
pollinisent des fleurs, favorisent la décomposition de la matière organique ou sont des agents de contrôle biologique pour d'autres insectes nuisibles.

Caractéristiques physiques du stade adulte.

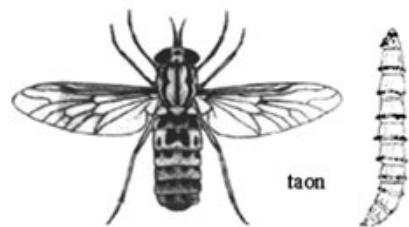
- Antennes: voir ci-dessus selon les sous-ordres;**
- pièces buccales suceuses;**
- mésothorax plus grand que le pro- ou le métathorax;**
- une paire d'ailes (antérieures); ailes postérieures réduites (haltères ou balanciers);**
- tarses divisés en 5 articles.**

Caractéristiques physiques des stades immatures.

moustique



taon



Mouche à viande

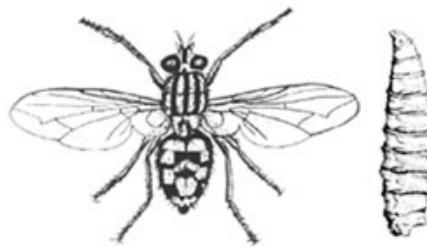


Figure 5. Caractères physiques des Diptères (2) (4)

1. Culiciformes:

- présence d'une capsule céphalique avec pièces buccales broyeuses;
- pattes absentes.

2. Vermiformes (asticots):

- absence de pattes ou d'une capsule céphalique distincte;
- pièces buccales réduites; présence de crochets oraux..

Familles reprises dans cet ouvrage.

- Chironomides. Diptères némato-cères de taille petite à moyenne (2-12 mm), à aspect typique de moustique frêle, cependant leurs pièces buccales atrophiées ne leur permettent pas de piquer.
Antennes des mâles plumeuses, celles des femelles moniliformes.
Nervures nettement plus marquées dans la partie antérieure de l'aile que dans la partie postérieure. Certaines espèces éclosent

simultanément formant des vols agglomérés.

- **Muscides. Diptères cyclorrhaphes à yeux écartés chez les femelles, ordinairement rapprochés ou contigus chez les mâles. Soie du dernier article antennaire plumeux à son sommet. Cette famille comprend la mouche domestique et les glossines et constitue la famille la plus cosmopolite des insectes. Certaines espèces possèdent des pièces buccales mordantes, d'autres sont de simples fossoyeurs. Des maladies comme la dysenterie et le choléra peuvent être véhiculées et transmises par leurs pattes et leurs pièces buccales. Les glossines ou mouches tsé-tsé transmettent par piqûre des trypanosomiases (maladie du sommeil) à l'homme et au bétail.**
- **Stratiomyides. Diptères brachycères non piqueurs. Thorax souvent couvert d'une pilosité dorée ou argentée; des espèces exotiques ont une belle livrée métallique bleue, verte ou dorée. Scutellum épineux ou non; abdomen souvent aplati. Ailes à nervures épaisses le long du bord antérieur, et au repos, croisées l'une sur l'autre et ne couvrant pas le sommet de l'abdomen.**

2.5.2 Biologie et physiologie

L'ordre des Diptères comprend tous les moustiques et toutes les

mouches. Ces insectes sont identifiables à cause de leurs ailes postérieures qui sont réduites à de petites structures en forme de club de golf, appelées haltères; seules les ailes antérieures membraneuses sont utilisées comme surfaces aérodynamiques. Les haltères, qui vibrent pendant le vol, travaillent comme un gyroscope et aident l'insecte à maintenir son équilibre au cours de son vol.

Toutes les larves de diptères sont dépourvues de pattes. Elles vivent en milieu aquatique (eau fraîche), semi-aquatique ou terrestre humide. On les trouve habituellement dans le sol, les plantes ou les tissus animaux ainsi que dans la charogne ou le fumier, presque toujours dans les endroits où le danger de dessiccation est réduit au minimum. Quelques espèces sont herbivores, mais la plupart se nourrissent de matière organique morte ou parasitent d'autres animaux, spécialement les vertébrés, les mollusques ou des arthropodes. Dans les familles les plus primitives (sous-ordre des Nématocères), les larves possèdent une capsule céphalique bien développée avec des pièces buccales en forme de mandibules. Ces structures sont absentes ou réduites dans les sous-ordres plus évolués (Brachycères et Cyclorrhaphes) dont les larves que l'on connaît bien sous le vocable «asticot» présentent un corps dont la forme ressemble à un ver et uniquement une paire de crochets oraux

pour se nourrir.

Les mouches adultes vivent dans des habitats très variés; leur apparence et leur style de vie sont également fort variés. Bien que la plupart des espèces possèdent des pièces buccales de type suceur et récoltent leur nourriture sous forme liquide, leurs pièces buccales sont si diverses que quelques entomologistes suspectent que les adaptations pour l'alimentation peuvent provenir de différentes origines évolutives. Dans beaucoup de familles, la trompe (rostrum) est adaptée pour éponger et/ou laper. Ces mouches survivent à partir de miellée, de nectar ou des exsudats de différentes plantes et animaux (morts ou vivants). Dans d'autres familles, la trompe est adaptée pour cisailier ou percer les tissus de l'hôte. Certains diptères sont des prédateurs d'autres arthropodes (les Asilides ou «robber flies» par exemple), d'autres sont des parasites externes comme les moustiques qui se nourrissent du sang de leurs hôtes vertébrés, y compris les humains et la plupart des animaux sauvages et domestiques, d'autres encore sont endo- ou ectoparasites d'insectes.

2.6 Ordre des Lépidoptères

2.6.1 Taxonomie

Les papillons appartiennent à l'ordre des lépidoptères qui, dans la classe des Insectes, est l'ordre qui vient en deuxième position par l'importance. Le mot «lépidoptère» tire son origine des mots grecs «lepidos» qui signifie écaille et «pteron» qui signifie aile: ce sont donc des insectes dont le corps et les ailes de la plupart des adultes sont couverts d'écailles.

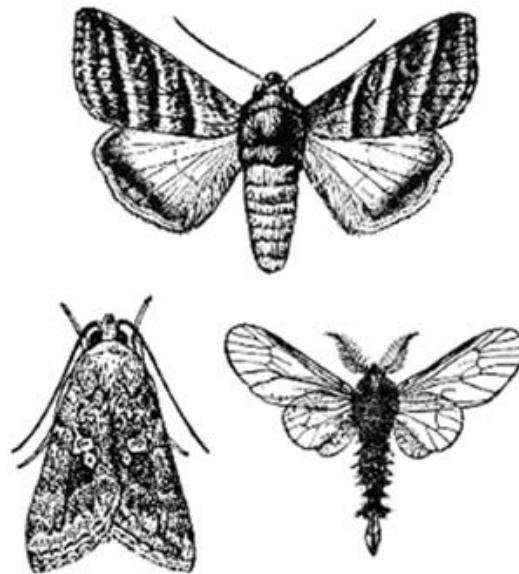


Figure 6. Caractères physiques des Lépidoptères (2)

À travers le monde, on dénombre pas moins de 135 familles et plus de 100.000 espèces. Les lépidoptères sont holométaboles, c'est-à-dire que les stades pré-adultes: œuf, larve ou chenille, chrysalide, diffèrent totalement du stade adulte. Plusieurs systèmes de classification ont été proposés pour diviser les lépidoptères en sous-ordres. Quel que soit le système, toutes les familles les plus grandes et les plus significatives du point de vue économique sont des membres d'un seul sous-ordre: les Frénates ou Ditrysia.

D'un point de vue taxonomique, la distinction entre papillons de nuit et de jour est fort artificielle: certains papillons de nuit ressemblent davantage à des papillons de jour qu'à d'autres papillons de nuit.

La plupart des papillons de jour ont des mœurs diurnes, sont brillamment colorés et possèdent des antennes qui se terminent en forme de massue. Au repos, les ailes sont tenues à la verticale au-dessus du corps.

Par opposition, la plupart des papillons de nuit (mais pas tous) ont une apparence typiquement terne, possèdent des antennes fusiformes, filamenteuses ou plumeuses et sont nocturnes. Au repos, leurs ailes sont déployées horizontalement sur le substrat sur lequel

ils se trouvent, repliées contre le corps ou en forme de toit au-dessus de l'abdomen.

Les adultes se distinguent par leurs ailes relativement grandes par rapport à leur corps; elles sont couvertes de minuscules écailles qui se chevauchent. Ces écailles, qui produisent souvent des modèles colorés distinctifs, jouent un rôle important au cours de la parade sexuelle ainsi que dans la reconnaissance entre individus d'une même espèce.

En vol, les ailes antérieures et postérieures sont reliées entre elles par un pinceau de soies (phrenulum) chez les papillons de nuit et un lobe membraneux (jugum) chez les papillons de jour. Les pièces buccales de la plupart des adultes ne sont plus que des vestiges ou forment une trompe tubulaire qui reste enroulée comme un ressort d'horlogerie sous la tête. Cette trompe se déroule sous l'effet de la pression hydrostatique et agit comme un tuyau de siphon pour aspirer les aliments liquides, tels le nectar des fleurs et d'autres substrats.

Classification

Il est difficile de classer des papillons. Leurs caractéristiques les plus

évidentes, la couleur et la forme des ailes, sont très variables. Des individus et des populations de la même espèce apparaissent parfois fort différents. De ce fait, la dénomination d'espèces et sous-espèces est douteuse. Ceci a conduit quelques biologistes, notamment ceux qui travaillent dans le domaine de l'écologie et de la génétique, à attribuer un nom à des populations plutôt qu'à des espèces et sous-espèces.

Cependant, les populations souvent évoluent et ceci introduit de nouvelles incertitudes. On a donc besoin d'un travail supplémentaire important dans le domaine de la systématique des papillons. La connaissance acquise devrait contribuer plus particulièrement à la préservation des espèces qui sont en voie de disparition.

L'un des caractères de base pour identifier les familles de lépidoptères repose sur la nervation alaire. Cependant ce caractère n'est guère accessible aux non-spécialistes. Pour les familles dont il est question dans cet ouvrage, nous ne donnerons que quelques particularités visuelles qui aideront à situer la famille, mais elles ne constituent pas des caractères qui permettent d'identifier la famille en toute certitude.

- **Hépialides.** Papillons de taille grande à très grande (envergure dépassant 20 cm chez les espèces géantes). Certaines espèces ont une coloration remarquable, vert ou rouge vif, parfois avec des zones nacrées. Antennes très courtes; prothorax et surtout métathorax bien plus développés que chez les autres familles. Classés dans les «papillons de nuit» (antennes non terminées en massue), leur vol est diurne, crépusculaire ou nocturne.
- **Bombycides.** Papillons nocturnes de taille petite à moyenne, à corps robuste. Antennes pectinées chez les deux sexes. Le ver à soie (*Bombyx mori*) appartient à cette famille.
- **Lycaenides.** Papillons de taille très petite à moyenne (20 à 45 mm), à vol rapide, très attirés par les endroits ensoleillés. Espèces souvent de couleur métallique, le plus souvent bleue, parfois verte ou rouge; dessous des ailes plus terne piqueté de points noirs. Pattes antérieures très grêles à tarse non segmenté et ne portant qu'une griffe terminale chez les mâles (tarse segmenté avec deux griffes chez les femelles). Dimorphisme sexuel très marqué chez certaines espèces. Les larves de nombreuses espèces sont myrmécophiles. Certaines espèces ont le bord postérieur des ailes prolongé en un appendice.

- **Lyonetides.** Papillons nocturnes de petite taille (5 à 10 mm) à ailes étroites et lancéolées, avec l'extrémité des ailes antérieures recourbée dorsalement ou ventralement.
- **Nymphalides.** Papillons de taille moyenne à grande, vol puissant, recherchant les endroits ensoleillés. Espèces souvent brillamment colorées, quelques espèces ont les ailes postérieures prolongées en un appendice. Pattes antérieures atrophiées inaptes à la locomotion. Certaines espèces (par exemple les *Charaxes*) sont attirées par les fruits très mûrs ou pourrissant ou encore par les excréments d'animaux.
- **Papilionides.** Papillons de taille moyenne à grande, souvent bien colorés (quelques espèces sont de couleur blanche qui pourrait les faire prendre pour des Piérides). Vol puissant. Antennes courtes et robustes, rarement légèrement dentées (genre *Graphium*). De nombreuses espèces ont les ailes postérieures prolongées en «queue» (cette particularité est présente chez quelques individus d'autres familles). Présence d'un éperon bien développé au tibia des pattes antérieures. En général pas de dimorphisme sexuel.
- **Piérides.** Papillons de taille petite à moyenne. Ailes presque

toujours de couleur blanche, jaune ou orangée avec fréquemment le bord externe ou le sommet de l'aile antérieure marqué de noir.

- **Riodinides.** Papillons de taille petite à moyenne (inférieure à 50 mm), corps grêle, coloration des ailes extrêmement variable. Beaucoup d'espèces ressemblent de façon frappante à des formes appartenant à d'autres familles (Lycaenides, Nymphalides, Papilionides, Satyrides). Pattes antérieures des mâles atrophiées non fonctionnelles.
- **Saturnides.** Papillons de taille grande à très grande, à corps robuste à aspect velu. Ailes présentant souvent des zones transparentes, non couvertes d'écailles. Antennes pectinées, plus fortement chez les mâles.
- **Satyrides.** Papillons de taille petite à moyenne, à vol faible et erratique. Ailes souvent de couleur sombre ornées d'ocelles de couleur variée plus ou moins vive; dessous des ailes marqué de fines stries. Pattes antérieures modifiées, à aspect de brosse allongée, non aptes à la locomotion. Dimorphisme sexuel souvent très marqué, les mâles ayant plus de zones colorées sur les ailes.

2.6.2 Biologie et physiologie

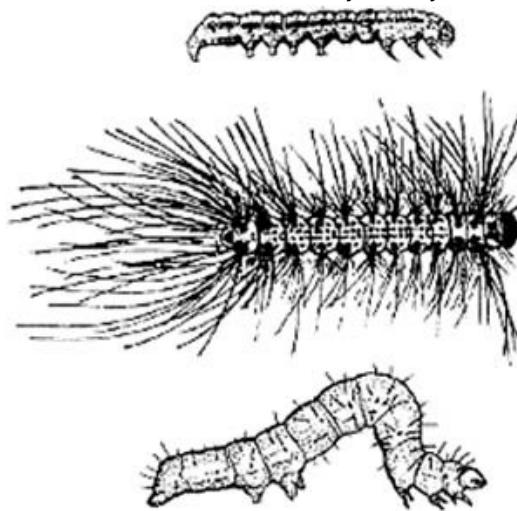


Figure 7. Caractères physiques des chenilles (2)

Presque toutes les larves des lépidoptères sont appelées chenilles. Elles possèdent une tête bien développée pourvue de pièces buccales broyeuses. En plus de trois paires de pattes sur le thorax, elles possèdent entre deux et huit paires de pseudo-pattes charnues abdominales, différentes des pattes thoraciques par leur structure. Presque toutes les larves de lépidoptères sont herbivores; certaines espèces se nourrissent de feuillages, d'autres creusent les tiges et les racines et d'autres encore sont des mineurs de feuilles.

Au cours de leur croissance, les chenilles abandonnent leur peau. Chaque nouvelle «mue» est appelée stade. On compte habituellement cinq stades avant que la larve ne soit suffisamment grosse pour se transformer en pupe. La nymphose est un stade de repos au cours duquel le papillon adulte se développe à l'intérieur de la chrysalide qui a une enveloppe dure et protectrice. Pour la transformation en chrysalide, la larve choisit souvent la face inférieure d'une tige ou d'une feuille pour se protéger de la pluie et des prédateurs.

Après une période qui varie de quelques jours à trois semaines selon l'espèce de papillon, l'enveloppe de la chrysalide s'ouvre et l'insecte adulte émerge. Ceci se passe d'habitude avant 9 heures le matin. L'adulte, fraîchement sorti de sa coquille, mettra 3 à 4 heures pour déployer et sécher ses ailes avant de prendre son envol pour se nourrir de nectar et chercher à s'accoupler pour recommencer un nouveau cycle de vie.

2.7 Ordre des Hyménoptères

2.7.1 Taxonomie

Mis à part quelques espèces aptères, les membres de cet ordre

possèdent deux paires d'ailes membraneuses, les postérieures étant plus étroites que les antérieures. Les pièces buccales des adultes sont du type broyeur ou broyeur-lécheur. Le plus vaste sous-ordre, auquel appartiennent les groupes traités dans cet ouvrage, se caractérise par l'abdomen relié au thorax par un mince pétiole plus ou moins long. Les abeilles, les guêpes, les bourdons et les fourmis appartiennent à ce sous-ordre.

Les hyménoptères sont des insectes holométaboles, donc à métamorphoses complètes: œuf, larve, nymphe, adulte. Beaucoup d'espèces possèdent un prolongement de l'abdomen qui sert d'oviscapte ou tarière - pour déposer ou introduire les œufs sur ou dans les végétaux ou les insectes qu'elles parasitent -, ou encore d'aiguillon relié à une glande à venin. Cet ordre d'insectes compte de nombreuses familles dont les espèces sont parasites externes ou internes d'autres insectes et concourent ainsi à la régulation naturelle - ou artificielle par l'intervention de l'homme - des populations de ces insectes.

2.7.2 Caractéristiques des familles reprises dans cet ouvrage

- Apides. Cette famille est peu homogène; elle comprend des apides**

terricoles solitaires, les abeilles sociales grandes productrices de cire et de miel, et des types intermédiaires.. Ces derniers englobent les Xylocopes, apides en général de grande taille, jusqu'à 30 mm, qui forent dans le bois d'œuvre exposé au soleil, et dont les mines larvaires peuvent en provoquer le bris. Les abeilles sociales sont bien connues, elles construisent des nids, faits de matières végétales triturées qui s'apparentent au carton, qui sont logés en terre, dans les anfractuosités d'arbres ou de rochers, ou suspendus en divers endroits, ou encore dans des abris fournis (ruches). Ces abeilles sont pourvues d'une «brosse» aux pattes arrières, constituée de rangées de poils raides, qui sert à récolter le pollen des fleurs lors du butinage. Les abeilles du genre *Apis*, auquel appartient l'abeille domestique *Apis mellifera*, ont les yeux velus, vivent en communauté comprenant une reine et trois castes: des ouvrières (butineuses, nettoyeuses, gardiennes, magasinières, nourricières) des femelles vierges et des mâles.

- **Formicides ou fourmis. Ces insectes sociaux familiers vivent sous toutes les latitudes et sont caractérisés par des antennes coudées après le premier segment, qui est long, et par un pétiole qui comporte soit un ou deux «nœuds» soit une ou deux épines.**

Références

(1) Goffinet G. [1976]. Ecologie édaphique des écosystèmes naturels du Haut-Shaba.III. Le peuplement en termites épigés au niveau des latosols. Rev. Ecol. Biol. Sols 13, 459-475.

(2) General entomology (Ent 425) course. North Carolina State University, Dept. of Entomology.

url: [http://www.cals.ncsu.edu/entomology.\(1998\)](http://www.cals.ncsu.edu/entomology.(1998)).

(3) Pesticide Education Resources. University of Nebraska-Lincoln.
url: [http://pested.unl.edu/cockcom.htm.\(1998\)](http://pested.unl.edu/cockcom.htm.(1998)).

(4) Wonderful world of insects. University of Exeter. UK.
url:[http://www.insect-world.com/main/six.html.\(1998\)](http://www.insect-world.com/main/six.html.(1998)).



Zootechnie d'insectes - Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

Author(s): Jacques Hardouin, Guy Mahoux

**Publication 2003****date:****Number of pages:** 164**Publisher:** *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)***ISBN:** 0779-3642**Copyright holder:** *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM)*

Contents:

- [Note de l'éditeur](#)
- [Préface](#)
- [Avant-propos](#)
- [1 Introduction](#)
- [2 Rappels de données de base](#)
- [**3 Usages et production**](#)
- [4 Conclusions](#)



5 Annexes

Couverture Arrière

3 Usages et production

▲ [Top](#)

3.1 Usages

3.1.1 Usages alimentaires

Alimentation humaine

Il est admis depuis des siècles que des insectes ont été consommés par l'homme dans de nombreuses parties du monde, mais l'intérêt scientifique pour la valeur nutritive des insectes est relativement récente. Une excellente synthèse à ce propos a été réalisée lors d'un symposium international sur la biodiversité en agriculture à Beijing (Chine) en septembre 1995.

La plupart des Occidentaux trouvent répugnante l'idée de consommer des insectes mais cette attitude n'est pas partagée par les habitants d'autres régions du monde. Dans les zones tropicales d'une manière générale, et plus particulièrement sur une grande partie du continent

africain, au Mexique, en Amazonie et dans les pays du sud-est asiatique, les insectes sont largement appréciés en cuisine. Ils sont plus que présents sur les marchés et qualifiés de mets gastronomiques dans les restaurants les plus huppés de Mexico. Les tortillas y sont servies fourrées avec des larves du papillon de nuit de l'agave rouge et de l'agave blanche. Un plat particulièrement populaire est préparé à partir d'«escamoles», terme désignant les larves de la fourmi noire. Celles-ci sont frites dans du beurre noir, servies avec des oignons et de l'ail et consommées dans les tacos. A Mexico toujours, le ver de l'agave est mis en boîte de conserve et commercialisé dans les magasins d'alimentation. La marque d'origine de la tequila y est certifiée par la présence dans la bouteille d'une larve du charançon des palmiers (coléoptère appartenant à la famille des curculionides). Si vous allez au cinéma en Colombie et demandez du pop-corn, on vous servira probablement un cornet de fourmis coupeuses de feuille (leafcutter ants).

Les deux raisons principales du rejet des insectes comme nourriture par les Occidentaux sont des idées préconçues: «ils sont vénéneux» et «ils vivent sur les immondices». On peut faire remarquer tout d'abord que dans la plupart des cultures européennes, l'attrait pour les crustacés marins tels les crabes, crevettes et langoustes est

considéré comme la preuve d'un palais délicat. Et pourtant, toutes ces créatures marines ne sont que des fossoyeurs. Par opposition, la plupart des insectes consommables se nourrissent essentiellement de végétaux verts et propres. Ensuite, seules quelques espèces d'insectes sont vénéneuses: une règle empirique pour éviter les poisons et substances allergènes est de ne pas consommer les insectes qui sont velus, épineux ou violemment colorés. Les insectes bruns, verts ou blanc laiteux sont généralement propres à la consommation.

Une fois morts, les insectes se détériorent rapidement et ceux qui sont destinés à être consommés doivent être rapidement traités. Si on veut les conserver, il faut les déshydrater pour prévenir la croissance de moisissures toxiques. On retirera les parties dures telles que les pattes, les ailes, la tête. La cuisson est généralement recommandée, car tout comme la viande et le poisson, les insectes peuvent héberger des parasites.

Parmi les très nombreuses espèces d'insectes vivant sur notre planète, 450 environ sont régulièrement consommées. Ceci inclut 129 espèces de scarabées (Coléoptères), 100 espèces d'abeilles, fourmis et guêpes (Hyménoptères), 68 espèces de sauterelles et grillons

(Orthoptères), 48 espèces de papillons de jour et de nuit (Lépidoptères), 32 espèces de punaises (Hétéroptères), 28 espèces de cigales et de cicadelles (Homoptères), 17 espèces de Termites (Isoptères), 10 espèces de mouches et moucherons (Diptères) et environ 20 autres espèces de différents ordres.

Dans le passé

Dans l'Ancien Testament, Livre du Léviathan 11:20-23, il est clairement indiqué quels insectes⁽⁹⁾ peuvent ou ne peuvent pas être consommés par l'homme. Les criquets et les sauterelles étaient alors parfaitement kasher comme ils le sont encore aujourd'hui. Tout le monde a entendu parler du prophète Jean Baptiste qui se nourrissait de criquets et de miel sauvage. La «manne» des Israélites a pu être constituée soit par des petits homoptères (cochenilles) vivant sur les troncs d'acacia, soit par leur exsudat sucré qui est toujours consommé et appelé «manne» par les Bédouins. Dans la société islamique, on rapporte que les épouses du prophète Mahomet lui envoyaient en guise de cadeau des plateaux de criquets. On trouve dans les écrits de la Grèce antique des références aux criquets et aux cigales consommés aussi bien par les riches que par les pauvres. Dans la Rome antique, l'aristocratie a élevé l'entomophagie à un

sommet qu'elle n'a jamais plus atteint par la suite, les plats prisés servis aux banquets étant constitués le plus souvent de criquets enrobés de miel à l'aspect doré. Lucullus, gourmet bien connu, alla même jusqu'à nourrir pendant des mois des larves de lucane à partir de son et de vin avant de les faire rôtir par ses cuisiniers. Plus proche de notre époque, vers le milieu du 19^e siècle, une châtelaine du Val de Loire avait pour habitude d'offrir des beignets de hanneton à ses invités.

Dans le Présent

Les insectes sont consommés par beaucoup d'habitants de notre planète. Les peuples des savanes de l'Afrique de l'Ouest récoltent et consomment les termites à chaque retour de la saison des pluies. L'importance des termites en Afrique de l'Est est telle que les termitières elles-mêmes font l'objet d'appropriation par des particuliers et sont transmises aux descendants de la famille par voie d'héritage. Grillons et sauterelles sont également populaires et sont consommés à l'état frais, rôtis ou broyés sous forme de farine. Un commerce de ces produits existe avec les habitants des régions où les populations d'insectes ne sont pas abondantes. Dans le désert du Kalahari, les Bochimans ont pour habitude de consommer les blattes

tandis que les riverains du lac Victoria en Ouganda préparent et consomment des gâteaux de «kungu», bouillie réalisée à partir de larves de la «mouche des lacs» (*Chaoborus edulis*) qui aurait l'aspect et le goût du caviar...

Au Zimbabwe, on peut acheter des insectes dans des supermarchés modernes près des chutes Victoria, tels les «vers mopane», qui sont en réalité des chenilles grillées. À une certaine époque, le Nigeria a produit des cubes concentrés de bouillon à base de termites. Dans les pays d'Afrique du Nord, les œufs de criquet sont mélangés à la farine pour produire un pain délicieux. Les criquets apparaissent également au menu chez des populations du Moyen Orient.

Dans de nombreux pays tropicaux, la grosse larve du charançon *Rhynchophorus phoenicis* est recherchée par les populations qui la trouvent sur divers palmiers où des œufs sont pondus par l'insecte femelle dans des blessures faites par l'homme ou d'autres insectes sur le stipe des palmiers. D'autres espèces de coléoptères assez proches des *Rhynchophorus* font partie du genre *Oryctes* (*O. boas*, *O. monoceros*, *O. sjostoeati*); leurs larves sont appelées «vers jaunes du palmier». Leur usage est fort similaire.

Beaucoup d'Asiatiques considèrent les insectes comme une composante normale de leur régime alimentaire. Aux Philippines, les agriculteurs inondent leurs champs pour capturer les grillons-taupes dès qu'ils apparaissent à la surface de l'eau. Ces grillons sont cuisinés de différentes façons sophistiquées et apparaissent sur la carte des menus dans les restaurants. Les Thaïlandais consomment un large éventail d'insectes: grillons, sauterelles, larves de coléoptères et même les libellules sont très appréciés. Le Ministère de la santé publique de ce pays a même édité un livre sur les sources de protéines en milieu rural qui recense six espèces d'insectes.

En Asie encore, on trouve sur les marchés des paniers remplis de «scorpions d'eau» qui sont en réalité des punaises géantes: un extrait des glandes abdominales de cette punaise est utilisé pour assaisonner beaucoup de plats et peut même être trouvé dans les épiceries asiatiques d'Australie. Pendant la guerre du Pacifique, quelques Européens prisonniers des Japonais complèteront leurs maigres repas avec des insectes, ce qui les aida sûrement à survivre. Ironie du sort, le Japon souffrit de famine après la guerre et les sauterelles locales, d'abord rôties puis marinées dans de la sauce de soja, jouèrent un rôle important dans l'alimentation. En Chine, on consomme les éphémères après les avoir fait frire dans l'huile ou

alors broyées et mélangées avec du miel.

En temps normal, on pourrait penser que les Européens n'utilisent jamais d'insectes, et pourtant un colorant alimentaire est extrait des corps broyés de cochenilles (Homoptères) qui s'alimentent sur le figuier de Barbarie. Les conserves de légumes sont rarement exemptes de fragments d'insectes, la preuve en est que la plupart des pays ont fixé des normes légales en ce qui concerne les quantités maximales autorisées dans de tels produits. Un exemple concret est celui de la tomate dont les meilleurs fruits sont sélectionnés pour la mise en conserve alors que ceux qui ont subi des dommages occasionnés par des insectes sont réduits en purée ou en sauce ketchup.

Aux États-Unis, des études ont montré qu'il y avait en moyenne une trentaine de débris d'insecte par 100 g de beurre de cacahuète, et 30 œufs de moucheron (genre Drosophile) par 100 g de sauce tomate. La consommation de larves d'abeilles n'est pas très courante de nos jours, mais il existe des preuves de vente de couvains sur les marchés gallois dans les années 40. Dans les régions froides d'Amérique et d'Europe, les apiculteurs tendent à détruire leurs essaims au début de l'hiver et à redémarrer au printemps suivant

avec du matériel frais: des tonnes de protéines d'excellente qualité sont ainsi perdues chaque année à cause de cette pratique.

Il faut souligner le renouveau actuel de l'entomophagie dans le monde occidental, notamment en France avec la consommation de grillons⁽³⁾, mais surtout aux États-Unis sous l'impulsion de Gene R. De Foliart⁽⁴⁾ et où un nouvel aspect de la gastronomie locale s'est développé.

Dans le Futur

Les insectes constitueront-ils une source de nourriture dans le futur ? On peut répondre par l'affirmative pour les pays où ils ont été consommés depuis des temps immémoriaux.

Les média nous assaillent constamment avec des famines qui se développent dans l'une ou l'autre région moins fortunée du globe: dans ces zones, la carence sévère en protéines animales risque de s'aggraver.

Les insectes peuvent être élevés à peu de frais, être produits en quantités massives et leur élevage ne nécessite pas beaucoup

d'espace. En outre, ils sont riches en protéines et en vitamines. Ils constituent un potentiel formidable dans la lutte contre la faim dans le monde, mais ils sont encore négligés ou méprisés.

Alimentation animale

Comme tous les êtres vivants du règne animal, les insectes sont composés sur le plan chimique de glucides, de lipides, de protéines, de minéraux et d'eau. À la différence des plantes, on ne trouve pas de fibres de cellulose chez les animaux.

Les deux catégories de produits les plus coûteux à fournir dans un régime alimentaire sont les nutriments azotés et les matières grasses. Or les larves d'insectes correspondent à un stade d'accumulation de matières en réserve normalement utilisées lors de la métamorphose ultérieure. Très riches en graisses en général, et composées également de protéines à haute valeur nutritive puisqu'elles sont destinées à fabriquer très rapidement un adulte, les larves constituent donc un aliment fort intéressant. Ce fait est extrêmement intéressant en élevage villageois de monogastriques dans les pays tropicaux en développement, car les poules, pintades et porcs y vagabondent en général et trouvent leur nourriture de

base parmi ce qui traîne dans le village, dans les champs ou en brousse. Ces rations spontanées, si elles sont gratuites, sont aussi très pauvres et fort déséquilibrées, ce qui ne permet que des performances assez médiocres.

Ce n'est un secret pour personne que dans ces conditions d'élevage la présence de termites, de larves quelconques, voire de chenilles ou de sauterelles constitue une véritable aubaine. Il est évident que les rations pauvres consommées lors de ces vagabondages, lorsqu'elles auront été complémentées par des insectes, vont permettre de réaliser des performances de croissance ou de production supérieures grâce à ces protéines et à ces graisses naturelles.

Comme ces insectes sont, en mini-élevage, produits sur place au départ de débris organiques ou de déchets végétaux locaux, les coûts de production sont donc très minimes et déboursés en monnaie locale. L'économie par rapport aux farines de viande ou de poisson, souvent importées et payées en devises, est appréciable. Les insectes sont donc de véritables nutriments riches qu'il vaut la peine de produire pour améliorer les performances des animaux monogastriques de rente.

Il faut toutefois éviter un piège. Lorsque des éleveurs sont convaincus de l'intérêt d'un mini-élevage simple en complément à leurs productions classiques de poules ou de pintades par exemple, leur réaction habituelle consiste à envisager un stockage sous forme de farine. Or la fabrication de farines d'animaux provenant de mini-élevage est presque toujours une erreur, car inutile.

On sait que la conservation de produits riches en graisses est toujours difficile pour maintenir la qualité, car le rancissement des graisses est normal et rapide. La solution apparemment réside dans la transformation du produit vivant en farine, plus facile à entreposer. Ce traitement présente malheureusement trois graves inconvénients: la déshydratation exige beaucoup d'énergie déjà rare, le procédé est coûteux, mais il est surtout inutile. En effet, il est beaucoup plus simple de distribuer à l'état vivant les insectes qui seront produits, sans aucune transformation préalable. Il suffit donc d'organiser son mini-élevage pour que la production soit continue, ce qui est généralement réalisable sans grandes difficultés en pays tropicaux.

Il faut également savoir que toutes les matières azotées ne sont pas équivalentes au point de vue de la valeur alimentaire. Les muscles

des insectes et la chitine, présente dans les enveloppes de certaines nymphes ou dans la cuticule externe des adultes, sont deux substances azotées, mais la chitine est très peu digestible et donc fort peu efficace en alimentation. Une comparaison peut être établie entre la viande de la chèvre et ses sabots, tous deux composés notamment de matières azotées, mais évidemment fort différents lorsqu'il s'agit de les manger. Il faudra donc essayer de produire des insectes à des stades mous et tendres, et avec le minimum de matières coriaces.

Tout ce qui a été dit plus haut à propos des monogastriques qui par suite de leurs exigences physiologiques, ont besoin de protéines animales dans leur alimentation, est applicable pour les espèces de poissons qui ont besoin d'une alimentation comportant des protéines animales. Les poissons phytophages sont donc à comparer aux mammifères herbivores comme les ruminants qui ne nécessitent pas de protéines animales dans leur alimentation pour pouvoir se développer normalement.

Lors d'utilisation de produits obtenus par l'exploitation adéquate d'espèces relevant du mini-élevage, il restera souvent à mettre au point des infrastructures d'alimentation pour que les animaux

consommateurs (volailles, porcs, poissons) puissent être ravitaillés aisément, sans gaspillage, et en évitant qu'ils détruisent les substrats de production. L'idéal est évidemment de disposer de systèmes permettant une alimentation quasi automatique.

Valeur alimentaire

La sagesse populaire chez l'homme et l'instinct chez un certain nombre d'animaux font que la consommation d'insectes est fondamentalement naturelle; le meilleur exemple est peut-être celui des oiseaux insectivores. Il est donc normal que l'on se soit préoccupé de la valeur alimentaire des insectes.

D'une manière générale, les analyses qui sont effectuées depuis longtemps font apparaître des compositions chimiques intéressantes, principalement pour les stades au cours desquels la physiologie requiert des accumulations de réserves. Il s'agit essentiellement de lipides et de glucides. Mais les croissances rapides ne se réalisent pas sans protéines, ce qui complète la gamme des nutriments dont les hommes et les animaux peuvent disposer par l'entomophagie. Bien plus, les compositions détaillées des matières azotées font fréquemment apparaître des teneurs appréciables en acides aminés

essentiels.

Il reste toutefois à rappeler que les organes durs des insectes (tête des chenilles, carapaces et élytres des adultes,...) sont composés surtout de chitine, qui est très peu ou pas du tout digestible bien qu'il s'agisse d'un composé azoté. De nombreux détails sont fournis dans les pages qui suivent, par groupes d'insectes.

Termites

Avec les sauterelles, les termites se situent au second rang des insectes les plus consommés dans le monde; les termites vivants fournissent environ 23 % de protéines et 28 % de matières grasses.

Chez l'homme, par rapport aux besoins journaliers en calories (normes de la FAO, 1973), la consommation de 100 g de termites couvrirait 21,5 % de ces besoins; si 1.000 g de maïs fournissent entre 320 et 340 kcal, par comparaison, 100 g de termites apportent 613 kcal.

On trouvera en annexe au tableau 20 page 135 la composition et la valeur énergétique des termites; la composition donne également le détail des acides aminés, des acides gras et de quelques vitamines.

Grillons

Grillons et sauterelles représentent un complément de protéines, de graisse, de calories et de... variété à un maigre repas; ils constituent les insectes les plus communément consommés dans le monde car presque tous sont consommables à tous les stades de leur cycle de vie.

Tableau 1. Analyse chimique du grillon domestique *Acheta domesticus*. (11)

Protéine brutes	62,0%	Phosphore	0,99%
Extrait éthétré	7,5%	Potassium	1,28%
Cendres	4,6%	Calcium	0,19%
Cellulose	7,0%	Magnésium	0,11%
Eau	5,2%	Soufre	0,59%

Tableau 2. Grillons. *Acheta domesticus*. Oligoéléments (en parts par million). (11)

Zinc	254	Cuivre	24
Manganèse	64	Aluminium	34
Fer	155	Sodium	9210

Tableau 3. Grillons. *Acheta domesticus*. Acides aminés (en mg par g de protéine). (11)

Lysine	56	Alanine	95
Histidine	26	Valine	60
Arginine	60	Méthionine	15
Acide aspartique	88	Isoleucine	42
Thréonine	35	Leucine	73
Sérine	49	Tyrosine	41
Acide glutamique	117	Phénylalanine	22
Proline	62	Tryptophane	6
Glycine	59		

Deux essais d'alimentation (11) ont été conduits sur des poulets à rôtir au Département d'Entomologie et d'Aviculture, Université du

Wisconsin, Madison, USA (1986).

Dans le premier, de la farine de grillon domestique a remplacé la farine de soja en tant que source principale de protéines: on n'a observé aucune différence significative de gain de poids entre les animaux nourris à la farine de maïs/soja et ceux nourris à partir de farine de maïs/grillon.

Le deuxième essai avait pour but de déterminer quels acides aminés pouvaient être un facteur limitant. Pour les poulets dont les aliments avaient été supplémentés avec des acides aminés, aucun avantage significatif de gain de poids n'a été noté mais les ratios aliments/gain de poids ont montré que l'arginine, la méthionine et le tryptophane étaient probablement des facteurs limitants.

On notera cependant que l'analyse chimique du grillon révèle une haute teneur en sodium, ce qui signifie que cet insecte a vraisemblablement des besoins élevés en sel.

Criquets

Le criquet nomade africain⁽⁶⁾ (*Schistocerca gregaria*) est apprécié

par beaucoup de peuplades africaines et a aussi été utilisé comme nourriture pour les animaux. De grandes quantités de criquets morts sont disponibles de façon occasionnelle. Mais il est difficile de concevoir un élevage sérieux et durable basé sur des criquets morts ramassés pendant de courtes périodes. D'autre part, des insectes dans cet état sont potentiellement dangereux car ils peuvent avoir été tués par des insecticides nocifs pour l'homme. Quoi qu'il en soit, si les criquets ont été traités par un insecticide, le risque d'empoisonnement lors de la consommation est trop élevé pour que leur utilisation soit recommandée.

Les criquets frais réduits en bouillie dégagent une odeur et un goût puissants qui sont absents lorsque les criquets sont séchés au soleil ou réduits en farine. La farine de criquet séché est appréciée par les porcs et les volailles. Lorsque la supplémentation est bien adaptée, c'est un bon aliment même si une grande partie des protéines se retrouve sous forme de chitine.

Cependant, la farine de criquet donne un goût de poisson à la viande de porc et il faudrait donc la réservier exclusivement aux animaux d'élevage réservés à la reproduction.

Le taux d'incorporation de farine de criquet peut atteindre 20 % de la ration alimentaire pour les porcs et 16 % pour la volaille.

Tableau 4. Valeur alimentaire des criquets. (6)

	En % de la matière sèche					
	Matière sèche	Protéines brutes	Cellulose brute	cendres	Extrait éthétré	Extractif non azoté
Criquets entiers, frais, Kenya	29.4	63.5	13.5	8.7	14.1	0.2
Criquets entiers, séchés, Tanzanie	89.5	51.6	14.0		10.9	

On reconnaît que les criquets ont une valeur alimentaire indéniable pour l'élevage, particulièrement pour la volaille. Les résultats d'analyse de deux échantillons de *Locusta pardalina* (criquet brun) sont donnés dans le tableau ci-dessus. Les criquets sont trop riches en protéines pour constituer à eux seuls un aliment équilibré. Ils doivent être mélangés avec de grandes quantités d'aliment riche en

amidon et autres hydrates de carbone pour constituer une ration ayant un taux correct de protéines (environ 1:4).

L'analyse des échantillons montre également que les criquets contiennent plus de 5 % de cendres (sur base de la matière sèche), y compris environ 1,6 % d'acide phosphorique et une quantité considérable de potasse, ce qui contrebalancerait la carence en minéraux, particulièrement en phosphates, qui est caractéristique du maïs. Le fait est important, car il est bien connu qu'une carence minérale est la cause d'une plus grande sensibilité aux maladies chez les animaux nourris à partir d'aliments produits en Afrique.

En alimentation animale, une utilisation continue de maïs seul est une pratique dangereuse, particulièrement dans le cas de la volaille, et un mélange de criquets avec de la farine de maïs dans le rapport 1:5 fournira donc un aliment bien équilibré et presque idéal pour la volaille.

Les criquets, lorsqu'ils sont mélangés à d'autres aliments, peuvent être consommés par les porcs, les moutons et le bétail; ils sont valorisés pour la production de lait chez les vaches laitières et les excréments des animaux contiendraient une plus grande quantité

d'éléments fertilisants.

Vers de farine

Les adultes et larves de coléoptères japonais, scarabée de juin (*Anomala antiguua*), carabes terrestres (ground beetles) et hannetons sont consommables. Il ne faut pas oublier les ténébrions:ces larves de coléoptères, aussi appelées «vers de farine», sont faciles à préparer et rehaussent le goût de n'importe quelle recette; les larves peuvent être conservées en congélation dans des sacs plastiques pour une utilisation future.

La valeur nutritive des vers de farine (*Tenebrio molitor*) est très bonne. Les teneurs en principes nutritifs des vers de farine aux différents stades de leur cycle de vie est reprise dans le tableau ci-après (13).

Tableau 5. Composition et valeur alimentaire du ver de farine. (13)

	Matière sèche (%)	Eau (%)	Protéines brutes (% MS)	Matières grasses (% MS)	Cendres (% MS)	Extractif non azoté (% MS)

Larve	43,05	56,95	48,31	40,46	2,92	8,31
Nymphé	38,39	61,61	55,30	36,54	3,27	4,89
Adulte	42,10	57,90	59,43	28,33	3,16	9,08

La valeur nutritive du ver de farine comme nourriture vivante a été testée sur de jeunes poissons d'aquarium en croissance, connus sous le nom d'Oscars (*Astronotus ocellatus*). Un premier lot de ces poissons a été nourri avec des larves de ver de farine. Le second lot avec un aliment commercial à base de flocons de poisson séché. L'essai a duré un mois. Chaque traitement a été répété deux fois. Les résultats ont montré que le gain de poids des poissons nourris avec les larves de ver de farine était significativement supérieur à celui des poissons de l'autre lot; aucun effet défavorable sur la santé n'a été relevé.

Hannetons

Dans les années où ces coléoptères abondent, on peut souvent s'en procurer de grandes quantités. Les porcs et les volailles sont très friands de hannetons tant à l'état frais que desséchés et réduits en farine; ils peuvent servir de complément protéique aux rations des

porcs. Déjà en 1876 Wolf mit en évidence l'intérêt de ces insectes pour l'alimentation du bétail alors qu'autrefois, au moment des grandes invasions, on ne s'en servait que comme fertilisant.

Tableau 6. Valeur alimentaire de la farine de hanneton. (18)

	Résultats de Wolf	Résultats de Tscherniak
Matière sèche	86,5 %	86,59 %
Protéines brutes	55,3 % de MS	50,91 % de MS
Chitine non digestible	13,9 % de MS	17,94 % de MS
Matières grasses	10,9 % de MS	8,71 % de MS
Extractif non azoté	0,0 % de MS	2,62 % de MS
Cendres	6,7 % de MS	6,41 % de MS

Tableau 7. Hannetons. Données analytiques. (18)

	Hannetons frais	Hannetons secs
Matière sèche	21 - 10%	25 - 60%

Matière secne	51,1%	85,9%
Protéine brute	20,9%	57,6%
Matières grasses	2,8%	10,5%
Chitine	4,8%	13,1%
Cendres	1,6%	4,5%
Protéine digestible	14,4%	39,7%
Matières grasses digestibles	3,1%	8,7%
Valeur énergétique (UF)	0,27	0,74

Eckstein et Neu, en 1939, administrèrent la farine de hannetons aux poules dans une proportion de 10 % environ de la ration sans aucun inconvénient. En 1942, Tscherniak, se remettant à l'étude de la question, a expérimenté les systèmes de dessèchement pour une bonne conservation du produit et a conclu que la meilleure combinaison est celle de la pression réduite et de la température de 80 °C.

Larves de la foreuse du palmier

Les larves de *Rhynchophorus phoenicis* (coléoptère) mesurent environ 4 cm de long et 2 cm de diamètre avant la nymphose; elles sont blanches ou jaunâtres. Les teneurs trouvées à l'analyse varient tellement selon les auteurs qu'il est préférable de fournir les informations complètes, mais il n'est pas précisé s'il s'agit de larves, de nymphes ou d'adultes.

Tableau 8. *Rhynchophorus phoenicis*. Valeur alimentaire (8).

	Adriaens (1953)	Ashiru (1988)	Santos Oliveira et al. (1976)	Malaisse et Parent (1997)
Eau (%)	-	9,1	10,8	77,4
Protéines (g)	56,6	58,2	20,3	42,6
Lipides (g)	12,0	16,9	41,7	20,2
Cendres (g)	9,9	6,3	2,4	12,4
Ca (mg)	-	210	186	320

P (mg)	-	680	1972	70
Fe (mg)	-	2	13	-
Valeur énerg.				
KJ	-	-	2351	1523
kcal	-	-	562	364

Larves de mouches

Les asticots, ou larves de mouches, font l'objet dans la nature d'une prédation de la part de divers animaux et oiseaux. Il était donc assez normal que l'homme songe à tirer parti de cette situation. En effet, les larves de mouches sont riches en lipides et en protéines qu'elles accumulent pour pouvoir accomplir les deux métamorphoses nécessaires pour arriver au stade adulte. Les asticots peuvent donc contribuer à la nourriture d'oiseaux d'élevage comme des poules ou des pintades.

Par contre, les nymphes ou pupes étant protégées par une enveloppe

rigide constituée essentiellement de kératine, leur intérêt alimentaire est plus faible puisque la digestibilité de la kératine est réduite, bien qu'il s'agisse également d'un produit azoté. Il est donc préférable que les oiseaux d'élevage reçoivent le moins possible de pupes et le plus possible de larves. Divers genres et espèces de mouches peuvent être employées à cet effet.

Tableau 9. Mouche domestique. *Musca domestica*. Valeur alimentaire.

Composition en g/100 g échantillon	Pupes séchées et broyées(2)	Larves séchées * et broyées(16)	remarques
Protéines brutes	63,1	59,65	Teneur en N x 6,25
Lipides	16,5	19,00	
Cendres	5,3	7,26	
Autres	12,1	14,09	Principalement extractif non azoté et cellulose
Eau	3,9	-	

* stade de récolte: 5-7 jours après éclosion.

Tableau 10. Mouche domestique. *Musca domestica*. Acides aminés et acides gras.

Acides aminés (en % de la teneur en protéines)	Pupes séchées et broyées (2)	Larves séchées et broyées (16)
Arginine	4,2	2,22
Glycine	3,9	2,23
Histidine	2,6	1,41
Isoleucine	3,5	1,86
Leucine	5,3	3,10
Lysine	5,2	3,60
Méthionine	2,6	1,40
Phénylalanine	4,2	3,51
Thréonine	3,2	2,09

	Valine	3,4	2,29
	Acide glutamique	10,8	6,43
	Alanine	4,2	3,00
	Cystine	0,4	0,58
	Tyrosine	4,8	5,35
	Proline	3,1	2,37
	Sérine	3,2	2,08
	Acide aspartique	8,5	4,84
	Ammoniac	2,1	-

Acides gras (en % des acides gras totaux)	Pupes séchées et broyées (2)	Larves séchées et broyées (16)
Acide laurique	0,6	
Acide myristique	3,2	
Acide palmitique	27,6	

Acide gras	Taux (%)	
Acide palmitoléique	20,6	
Acide stéarique	2,2	
Acide oléique	18,3	
Acide linoléique	14,9	
Acide linolénique	2,1	
Non identifié	10,5	

Le taux de protéines des larves de mouche soldat (*Hermetia spp*) (15), diptère de la famille des Stratiomyides, est égal à 70 % de celui des larves de mouche domestique mais le taux de matières grasses est lui égal à 260 % de celui des larves de mouche domestique. La taille des larves de mouche soldat étant plus grande, leur récolte s'en trouve facilitée.

Tableau 11. Mouche soldat.. *Hermetia spp*. Valeur alimentaire de larves séchées récoltées à partir d'excréments bovins (14)

Protéines brutes	12,10%	Cendres	11,60%
------------------	--------	---------	--------

PROTEINES BRUTES	42.1 %	CENDRES	14.0 %
Extrait éthéré	34.8%	Calcium	5,0%
Cellulose	7.0%	Phosphore	1,5%
Eau	7.9%		
Extractif non azoté	1.4%		

Larves de chironomes

La valeur nutritive des «vers rouges» (bloodworms), c'est-à-dire des larves de moucherons du genre *Chironomus*, autre groupe de diptères, est considérée comme très bonne. Les analyses chimiques montrent qu'ils contiennent 9,3 % de matière sèche et par rapport à celle-ci, 62,5 % de protéines brutes, 10,4 % de matières grasses et 11,6 % de cendres avec 15,4 % d'extractif non azoté. Ils constituent également une bonne source de fer pour les poissons puisqu'ils contiennent de l'hémoglobine comme les vertébrés.

Chrysalides de vers à soie

Dans le groupe des lépidoptères, les chrysalides mortes de ver à soie

s'accumulent en grandes quantités en tant que sous-produit de l'industrie de la soie. La plupart des chrysalides appartiennent à l'espèce Mulberry (*Bombyx mori*) ou Tassar (*Antheraea mylitta*). De petites quantités peuvent être incorporées dans les aliments pour porcs et volailles. Cette farine est tout particulièrement indiquée pour l'alimentation de la volaille, qui en utilise au mieux les protéines et qui s'est révélée moins sensible à l'action toxique des éventuels résidus lipidiques.

La farine de chrysalides de bonne qualité peut être employée à la place de sources classiques de protéines animales (viande, poisson, sang, etc.) et dans les mêmes proportions. On peut administrer la farine de chrysalides aux bovins à condition de ne pas dépasser 5 % pour les vaches laitières, afin de ne pas altérer la saveur du lait. Dans l'alimentation des porcs et en particulier dans celle des porcelets et des gorets d'élevage, la farine de chrysalides peut très bien servir à équilibrer les rations ou à en éléver la teneur en protéines, en substitution ou en adjonction à la farine de viande ou de poisson. Le pourcentage maximum proposé est de 8 % du mélange alimentaire total.

Les chrysalides seront mieux valorisées si elles sont débarrassées de

leurs graisses hautement insaturées qui influent sur le goût de la viande. Afin de rendre la farine de chrysalides plus facile à conserver et appétissante pour le bétail, on peut la traiter avec une solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique. En général, les chrysalides dégraissées se présentent sous une couleur rouge plus ou moins foncée avec une odeur assez forte mais non pas écoeurante. On peut cependant rencontrer des différences selon l'état de conservation des chrysalides au moment où elles sont soumises à l'extraction par les solvants chimiques.

La farine de chrysalides dégraissées, mêlée à de la farine fourragère de riz pour abaisser dans le mélange la proportion de protides, peut remplacer le tourteau de lin dans l'alimentation des vaches laitières sans aucun inconvénient sur leur poids vif, sur la quantité et la qualité de leur lait, ainsi que sur leur état de santé⁽¹⁸⁾.

La teneur de la farine de chrysalides en énergie nette s'est révélée aussi très élevée, atteignant en moyenne 104,5 unités fourragères pour 100 kg de substance fraîche. Du tourteau de chrysalide de ver à soie a été utilisé pour remplacer de la farine de poisson dans des aliments pour animaux monogastriques et a donné de bons résultats. Les chrysalides contiennent de la chitine, ce qui se traduit par un

taux de protéine brute très élevé, mais seulement 75 % de cette protéine brute est utilisable. Les cocons, quant à eux, n'ont aucune valeur nutritive et doivent être éliminés.

Tableau 12. Composition et valeur alimentaire de chrysalides de ver à soie.

		En % de la matière sèche						
	Matière sèche	Protéine brute	Cellulose brute	Cendres	Extrait éthétré	Extractif non azoté	Ca	P
<i>Bombyx mori,</i> dégraissé au solvant	92.5	77.6	4.3	7.3	1.0	9.8	0.1	1.5
<i>Bombyx. mori,</i> naturel	20.0	54.2	3.9	5.2	30.3	6.4	0.1	1.1
<i>Antheraea mylitta,</i>	92.8	74.2	10.2	6.9	1.1	7.6	0.2	0.8

dégraissé au solvant								
<i>Antheracea mylitta</i> , naturel	20.0	56.3	7.7	5.3	30.0	0.7	0.2	0.7

Tableau 13. Chrysalides de ver à soie. Composition approximative en acides aminés des protéines comparée à celle de la farine de viande.

Acides aminés	Farine de chrysalides (%)	Farine de viande (%)
Alanine	1,9	7,4
Cystine	2,0	1,2
Méthionine	2,0	1,6
Phénylalanine	2,6	5,0
Tyrosine	6,5	4,0
Tryptophane	1,6	1,0

Histidine	3,0	3,3
Lysine	8,4	7,4
Arginine	6,8	7,7
Acide glutamique	15,0	15,4
Proline	5,0	6,0

Chenilles

La plupart des chenilles sont consommables mais les meilleures sont les espèces sans poils; on recommande habituellement de ne pas manger celles qui possèdent une coloration vive. Les Phalènes, papillons de nuit, ont un goût qui ressemble à l'amande; leurs larves fournissent 265 calories par 100 grammes, 63 % de protéines et 15 % de matières grasses.

En Angola, les analyses de chenilles de la famille des Saturnides ont révélé que 100 g de celles-ci couvraient 76 % des besoins protéiques journaliers de l'homme, 197 % de ses besoins en fer, 120 % de ses besoins en cuivre; quant aux vitamines, ces mêmes 100 g par jour couvrent 245 % des besoins en thiamine et 112 % des besoins en

riboflavine.

Des résultats d'analyse sont repris en annexe dans les tableaux 21, 22 et 23 et 24 en annexe, page 141 à 147.

Farine d'abeilles

Les abeilles sont consommables à tous les stades (larve, nymphe et adulte) de développement; les porter à ébullition dans l'eau ramollit leur dard et annihile l'effet de leur venin. Les broyer avant de les faire bouillir est également efficace.

Au Canada, chaque année à la fin de la saison de production, environ 300.000 colonies d'abeilles (*Apis mellifica*) sont sacrifiées en vue de leur renouvellement pour la saison suivante. Chaque colonie pesant approximativement 6 kg c'est donc à peu près 1.800 tonnes d'abeilles qui sont donc détruites annuellement. On pourrait envisager de récupérer cet apport saisonnier sous forme de farine pour compléter, par exemple, le régime alimentaire de volailles en croissance.

Tableau 14. Valeur alimentaire de farine d'abeille séchée comparée à

la farine de soja. (19)

	Farine d'abeille	Farine de soja	Remarques
Matière sèche	906,0	889,0	Grammes par kg
Protéines brutes	684,3	517,0	Grammes par kg de matière sèche (N x 6,25)
Graisses	81,6	22,9	Grammes par kg de matière sèche
Énergie métabolisable	12,1	12,1	Mégajoules par kg de matière sèche

Tableau 15. Farine d'abeilles. Acides aminés (en grammes par kilo de matière sèche). (19)

	Farine d'abeille	Farine de soja		Farine d'abeille	Farine de soja
Acide	42,8	63,0	Méthionine	10,7	9,2

aspartique					
Thréonine	19,4	17,3	Isoleucine	26,8	19,6
Sérine	30,5	30,6	Leucine	43,2	39,9
Proline	18,4	12,1	Tyrosine	18,4	18,0
Acide glutamique	55,4	104,4	Phénylalanine	18,1	26,6
Glycine	36,9	22,3	Lysine	33,2	33,4
Alanine	46,5	22,8	Histidine	11,4	12,7
Valine	35,4	21,2	Arginine	23,4	34,5
Cystine	6,9	9,2	Ammoniac	20,0	10,1

Si la composition en acides aminés diffère, la valeur totale de ces derniers, déduction faite de l'ammoniac, est assez voisine: 475,7 g/kg MS pour la farine d'abeille contre 496,8 g/kg MS pour la farine de soja. Les essais alimentaires sur de jeunes dindonneaux ne sont pas concluants: ils ont révélé qu'une supplémentation de 150 g de farine d'abeille améliorait légèrement l'efficacité de la conversion

alimentaire mais qu'un effet dépressif se marquait au-delà de cette quantité. Par contre, le gain de poids est affecté de manière négative, quel que soit le niveau de supplémentation. Cet effet dépressif pourrait être dû soit à la présence de venin, soit à la présence résiduelle de dioxyde de soufre utilisé pour tuer les colonies d'abeilles, soit encore à la teneur plus élevée en azote non protéique.

Larves et nymphes de fourmis

Les fourmis et leurs larves peuvent être consommées et l'acide formique qu'elles contiennent disparaît quand les insectes sont bouillis. Les fourmis noires peuvent être mangées crues mais les fourmis de feu («fire ants») ne sont pas considérées comme comestibles.

On appelle vulgairement œufs de fourmis les larves et les nymphes de fourmis, dont les spécialistes font un large emploi dans l'alimentation des jeunes faisans, perdrix et cailles. Les larves et les nymphes des fourmis doivent être prises directement dans les fourmilières avec la terre, et fournies ainsi mélangées (si possible sans individus adultes) à la volaille. Il va sans dire que ce système d'alimentation ne peut être employé que dans les petits élevages vu

les difficultés de se procurer des quantités de larves de fourmis suffisantes pour les nécessités des gros élevages modernes.

La technique de récolte est simple: après avoir localisé une fourmilière, on place à côté une pièce de toile et dessus un tamis à mailles assez larges. À mesure que l'on trouve une couche de larves, on les verse avec la terre dans le tamis et quand il est rempli, on le secoue de manière à faire déposer sur la toile les œufs, les fourmis et la terre fine. On aplani le matériel tamisé et on pose dessus un morceau de tissu de laine, auquel les fourmis adultes s'accrochent, ce qui permet de les enlever. Dès que l'on a terminé cette opération, on verse dans un sachet de toile ce qu'on a ramassé. Il n'est jamais intéressant de détruire complètement la fourmilière; il faut au contraire qu'il reste des larves dans les parties inférieures, pour la prospérité future de la colonie. En principe on ne doit pas visiter une fourmilière plus de deux ou trois fois par saison. Au moment de distribuer les larves de fourmis, on effectue un nouveau tamisage avec un tamis à mailles bien serrées pour éliminer la terre la plus fine. Les fourmis adultes restantes doivent être éliminées avec le morceau de tissu de laine parce que les animaux d'élevage ne supportent pas d'être piqués par les fourmis.

3.1.2 Usages non-alimentaires

Usages médicaux

Pas moins de 143 insectes à usage médical (5), comprenant 13 ordres et 48 familles, ont été identifiés et répertoriés dans les «Manuels des animaux à usage médical en Chine» (1979,1983). Selon les statistiques de la ville d'AnGuo qui est le plus grand centre commercial chinois en ce qui concerne les plantes et animaux à usage médical, une quinzaine de sortes d'arthropodes ou produits à base d'insectes sont actuellement couramment utilisés: ce sont les couvains d'abeilles, les punaises, les carapaces de cigales, les grillons-taupes, les pupes de ver à soie, les taons, les œufs de mante, les cantharides, le carabe terrestre, les pucerons, les iules et les scorpions. En Chine, plusieurs insectes et produits à base d'insectes sont réputés efficaces dans l'élimination des cellules cancéreuses. Pas moins de 77 sortes d'insectes appartenant à 8 ordres différents et à 14 familles auraient une certaine forme d'activité contre les tumeurs malignes; celle-ci a été vérifiée cliniquement pour certains insectes tandis que pour d'autres elle a été démontrée *in vitro*. C'est ainsi, par exemple, que des blattes sont utilisées dans le cas des cancers du rein, le grillon-taupe pour le cancer du foie et diverses

espèces de scarabées, papillons de nuit, taons, guêpes et abeilles pour le cancer du poumon.

D'une manière générale, les insectes sont utilisés en médecine chinoise sous six formes différentes:

- a. le corps tout entier de l'insecte, principale méthode de consommation car les Anciens pensaient que nourriture et médecine allaient de pair et ils utilisaient les insectes entiers comme aliment pour leur survie et/ou comme médicament pour le traitement des maladies;**
- b. les œufs, comme ceux de la mante;**
- c. les nids, tels les nids d'abeilles et de guêpes;**
- d. certaines sécrétions d'insectes, telles que le miel des abeilles et les excréta du ver à soie;**
- e. la combinaison de certains insectes et de bactéries comme les larves du ver à soie (*Bombyx mori*) infectées par le champignon *Beauveria bassiana*, très connue dans le traitement du cancer du poumon;**

f. plusieurs produits ont été développés au cours des dernières années et isolés à partir d'insectes, tels que la mélitine et la cantharidine. Des produits industriels sont également disponibles comme le liquide oral de la fourmi et la liqueur à base du champignon *Cordyceps sinensis* qui colonise les chenilles de *Hepialus armoricanus*.

Traditionnellement, la recherche sur les insectes utilisés en médecine a été de nature empirique et par conséquent, il reste beaucoup à faire dans le domaine de la toxicologie, de la pharmacologie et des composants chimiques des insectes. Au cours des dernières années, un travail analytique important a été entrepris pour identifier les molécules actives en médecine chinoise et de nombreuses hormones et toxines ont été isolées. Certains composants ont été synthétisés artificiellement comme la cantharidine sodée utilisée pour soigner les cancers du poumon et du foie.

La recherche pharmacologique se concentre essentiellement aujourd'hui sur les insectes suivants:

a. *Schlechtendalia chinensis*, un puceron chinois. Il est prouvé

que les excréta de cet insecte, connu sous le nom de noix de galle, développent une activité astringente, stoppent les hémorragies et tuent beaucoup de bactéries. Ils sont commercialisés aujourd'hui dans les provinces de Hunan, Hubei, Sichuan et Shanxi.

b. Le ver à soie (*Bombyx mori*). Les pupes, infectées par *Beauveria bassiana* et les excréta du ver à soie ont la propriété de stimuler la production d'adrénaline, possèdent un pouvoir hypnotique (ou sédatif ?) ainsi que celui de faire baisser le taux du cholestérol dans le sang.

c. Un médicament à base de chenilles de *Thitarodes armoricanus* infectées par le champignon *Cordyceps sinensis* possède des propriétés hypnotiques (ou sédatives ?) et est un astringent pour la matrice et le cœur. Ce médicament est principalement distribué au Tibet et dans les régions de Qinghai et Xinjiang.

d. La cantharide (*Mylabris cichori*) qui tonifie la peau animale et ralentit le rythme cardiaque.

e. Les scorpions (*Mesobuthus martensi*). Ils ont une propriété

antispasmodique et diminuent la pression sanguine.

L'identification des insectes et leur classification taxonomique a besoin d'une attention toute particulière car chez les Anciens, il y avait souvent des confusions dans les noms d'insectes: certains insectes, portant le même nom, sont en fait des insectes différents et vice versa. Sur les marchés chinois, on trouve actuellement une quinzaine de produits à base d'insectes utilisés en médecine: il y a un besoin urgent de développer un contrôle standard de qualité pour garantir la sûreté et l'efficacité en médecine humaine et vétérinaire.

Enfin, certains arthropodes font l'objet d'un élevage comme les scorpions (*Buthus martensi*), les fourmis (*Polyrhachis vicina*), les sauterelles (*Oxya chinensis*): l'élevage d'arthropodes en Chine est une industrie qui utilise beaucoup de main d'œuvre et qui se pratique le plus souvent à petite échelle.

En République démocratique du Congo⁽²¹⁾, les insectes sont également utilisés à des fins médicales; c'est ainsi, par exemple, que la salive des fourmis rouges tremblantes est utilisée pour soigner les bronchites, les mantes religieuses pour les crises d'épilepsie, les

termites pour les hémorragies, les lucioles pour chasser les cauchemars chez les enfants, les abeilles et criquets domestiques pour le bégaiement.

Une parenthèse est ouverte ici pour évoquer une méthode de traitement des blessures des animaux de trait: en lieu et place du recours à des médicaments ou traitements fort coûteux, on peut utiliser certains asticots pour le nettoyage des plaies et ulcères chroniques qui se développent aux points de contact entre les pièces de harnachement et la peau des animaux. Les espèces d'asticots utilisés ne doivent consommer que les tissus nécrosés, ce qui est le cas pour la mouche «bouteille noire» (*Phormia terraenovae*) et la mouche «bouteille verte» (*Phaenicia* sp.). Les espèces qui mangent les tissus vivants doivent être évitées: c'est notamment le cas des asticots des mouches du genre «screwworm» (*Cochliomyia hominivorax*) et de la lucilie bouchère (*Lucilia* spp.). Le même principe suscite à nouveau de l'intérêt en médecine humaine pour traiter des plaies étendues et nécrosantes.

On ne peut clore ce chapitre sans réserver une place particulière aux cantharides, coléoptères de couleur souvent métallique, à odeur forte et désagréable, qui contiennent un principe chimique que l'on utilise

sous forme de poudre de cantharide, c'est-à-dire d'insectes broyés très finement. La cantharidine possède des propriétés vésicantes violentes, et est réputée en médecine humaine pour exercer des effets aphrodisiaques: il semble cependant qu'il ne s'agisse que d'effets secondaires liés aux réactions d'irritation intense. La poudre de cantharide utilisée par ingestion peut entraîner des dommages importants aux reins lors de l'élimination.

En médecine vétérinaire, la poudre de cantharide était largement employée antérieurement sous forme d'onguent, d'huile ou de teinture. L'effet recherché était celui d'une action vésicante intense sur la peau, principalement chez le cheval et le chien; l'application se fait à la brosse ou au pinceau, plus rarement en friction. L'irritation locale violente entraînant une congestion de l'endroit traité, une amélioration des troubles localisés à cette place était escomptée.

Parmi les formules classiques, on peut mentionner:

- l'huile cantharidée, obtenue en laissant macérer au bain marie pendant six heures puis passer et filtrer 100 g de poudre de cantharide et 1000 g d'huile d'olive;**
- le topique Lebas, composé de 100 g de teinture de**

cantharide, 100 g d'essence de térébenthine, 125g de goudron végétal et 125 g d'axonge;

- un topique liquide parmi d'autres obtenu en mélangeant:

poudre de cantharide.....	60 g
poudre d'euphorbe.....	15 g
huile de pétrole.....	1 litre,

laisser macérer à froid et filtrer

Usages commerciaux

De nombreuses autres utilisations d'insectes existent d'ores et déjà et se matérialisent par une activité économique et donc une certaine rentabilité. Cela ne signifie cependant pas que beaucoup de données sont disponibles pour situer l'importance respective de ces usages. Certains d'entre eux sont même tellement discrets, voire confidentiels, que les montants annoncés ne mentionnent jamais aucune source mais sont souvent au contraire accompagnés de

commentaires signalant qu'il s'agit de simples estimations (12).

Il faut cependant rappeler l'emploi des insectes en teinturerie: la véritable cochenille de teinturerie, *Dactylopius cacti* de la famille des Coccidés, vit au Mexique sur le nopal et fournit une teinture rouge appelée le carmin. Par extension, cette teinture est parfois dénommée «rouge cochenille» ou «cochenille».

Une des premières idées qui apparaît lorsque l'on évoque l'élevage d'insectes à des fins économiques est celle des collections. En effet, le temps n'est plus où les entomologistes amateurs constituaient eux-mêmes leurs collections en chassant, partout où ils le pouvaient, les insectes qui les intéressaient. Beaucoup étaient spécialisés dans un ordre, une famille, voire un genre sinon une espèce. Mais des échanges ont été pratiqués de tous temps, et le troc n'est en réalité qu'une forme particulière de transaction économique sans échange de monnaie.

Assez rapidement, des spécialistes ont voulu produire eux-mêmes des individus de qualité, non endommagés par la vie sauvage ou par les aléas de la capture. L'élevage était né. Dès qu'un surplus s'est présenté, la vente a été envisagée. Ainsi se sont créées d'importantes

collections, le plus souvent pour le bel aspect des insectes épinglés dans des boîtes, mais parfois aussi avec des objectifs scientifiques (collections de référence) ou pédagogiques (démonstrations ou expositions). On mentionne ainsi l'existence d'une Foire Commerciale à Francfort (Allemagne) où d'importantes transactions commerciales auraient lieu (12).

Commerce des papillons -Situation et préservation des papillons (12)

Le groupe peut-être le plus important au point de vue commercial est celui des lépidoptères. Les papillons sont souvent très spectaculaires, et des espèces très particulières par leur grande taille, leur forme, leurs couleurs voire leur rareté font l'objet d'une véritable demande mondiale. On a cité à ce propos des chiffres variant de 20 à 100 millions de dollars par an pour situer le montant total des transactions commerciales mondiales en matière de papillons.

On distingue trois grands secteurs dans le commerce des insectes et des papillons. Dans le premier, de grandes quantités d'espèces communes sont récoltées dans la nature et traitées pour être vendues sous forme d'objets ornementaux tels que des abat-jour,

dessous de plats et de carafes. C'est une industrie qui se caractérise par une faible valeur et un volume élevé, utilisant main d'œuvre et capitaux de manière intensive. Elle recourt fréquemment à des papillons légèrement abîmés ou fragmentés. Elle vend souvent des papillons dont le corps a été remplacé par du papier, ce qui paraît acceptable à la majorité des acheteurs. Le commerce de papillons en provenance de Taiwan en est un exemple. Il opère sur une grande échelle. Une douzaine d'ateliers taiwanais emploient des ouvriers pour capturer et traiter les papillons. Les estimations de ventes annuelles varient entre 15 et 500 millions de papillons. Les ailes de papillons taiwanais collées sur des corps de papier où les antennes sont remplacées par des soies de porc sont utilisées en ornementation et objets usuels depuis les cadres muraux jusqu'aux lunettes de toilettes en matière plastique. Les corps des papillons sont recyclés comme aliment pour porcs. En dépit de ce commerce intensif, les populations de papillons sauvages de Taiwan semblent se maintenir à un niveau constant. De telles industries, à une plus petite échelle, existent en Corée, en Malaisie, à Hongkong, au Brésil, au Honduras et dans plusieurs pays d'Afrique. Les célèbres papillons bleus du genre *Morpho* des zones tropicales américaines entrent dans le commerce au rythme de 50 millions d'individus/an. Presque tous sont des mâles aux couleurs brillantes et irisées et les

biologistes pensent que le nombre d'individus vendus pourrait doubler sans affecter l'ensemble de la population.

Le deuxième type de commerce se caractérise par des quantités traitées moins importantes et de valeur plus élevée. L'exemple type est celui de la Papouasie Nouvelle Guinée où les ventes se font pour les collectionneurs, les musées et les étudiants; les spécimens sont des insectes de qualité supérieure en bonne et parfaite condition de conservation et accompagnés généralement de données scientifiques. À cause de la valeur relativement élevée de chaque spécimen, ce type de commerce est réservé à moins de personnes qui ne s'inscrivent pas dans une configuration d'atelier. Il convient à une activité qui se développe au niveau du village, pour autant que soient fournis une supervision et un point de contrôle de la qualité.

Le troisième type de commerce est réservé aux objets ornementaux de haute qualité et de luxe tels que les boîtes de collection, les montages muraux ou les bijoux contenant de beaux insectes. Le Brésil, par exemple, possède un commerce florissant de bijoux basé sur le papillon bleu du genre *Morpho*. Ce type de commerce peut également constituer une source de revenu fort lucrative pour les insectes élevés au niveau villageois.

Quel que soit le type de commerce, les intermédiaires y jouent un rôle prépondérant. Peu de collectionneurs et de scientifiques peuvent se permettre de voyager à travers le monde pour récolter leurs propres spécimens. Certains revendeurs ont acquis une réputation d'honnêteté, d'autres pas. Peu d'entre eux prennent la peine de faire accompagner les spécimens qu'ils revendent par des données précises sur leur origine. D'autres commettent des erreurs importantes dans leur identification. (Pour essayer de résoudre ce problème, les revendeurs britanniques ont formé une association pour être à l'écoute des activités liées à la préservation et pour améliorer leur pratique professionnelle). Généralement, les revendeurs fournissent des spécimens élevés à partir des chenilles ou des chrysalides et décrits comme «hors-pupe». En effet, à moins que les papillons ne soient capturés immédiatement à leur sortie de la chrysalide, les ailes fragiles se déchirent et les écailles se détachent produisant ainsi des spécimens «usés».

La préservation des populations de papillons est encore à un stade précoce de son développement et ne fait l'objet en général que d'informations rares ou incomplètes. La situation de l'état de préservation, même celle des espèces les plus largement étudiées, n'est connue que dans quelques régions. L'aire de distribution et la

situation de la plupart des espèces sont inconnues et les propositions de mesures de préservation sont en grande partie basées sur des suppositions. Néanmoins, quelques programmes de préservation ont été mis en œuvre. La plupart d'entre eux se sont focalisés sur la détermination des espèces en danger et l'interdiction par conséquent de leur capture.

La plus grande menace pour les papillons et autres insectes est cependant la dégradation de l'environnement. Sur plusieurs continents, quelques espèces se sont déjà éteintes ou sont mises en danger lorsque les hommes modifient l'environnement particulier qu'elles nécessitent. On ne devrait pas sous-estimer l'importance des environnements protecteurs des papillons. Beaucoup d'espèces sont confinées dans de très petites zones, particulièrement sur les îles bien individualisées comme la Corse, la Sardaigne, la Jamaïque, Madagascar, Sumba, les Comores, les îles Fidji et Salomon ainsi que les îles de Man et du Duc de York. De telles espèces sont menacées et susceptibles d'extinction parce que l'environnement de presque toutes ces îles est fragile et change rapidement.

La simple capture de spécimens d'insectes ne met généralement pas en danger la survie de leur espèce car la plupart se reproduisent

rapidement et leur taux de fécondité élevé leur permet de remplacer les pertes en une, voire deux générations, pour autant qu'on n'ait pas altéré leur environnement de base. Cependant, certaines espèces de papillons se reproduisent lentement et sont par conséquent plus menacées que d'autres par les captures. Les papillons ornithoptères (famille des Papilionides) de Nouvelle Guinée, par exemple, ne produisent qu'une maigre progéniture. En outre, ces espèces rares sont recherchées et vendues à des prix plus élevés. C'est pour ces raisons (qui les rendent particulièrement vulnérables) que la législation pour les protéger a été renforcée des deux côtés de la Nouvelle Guinée, en Papouasie Nouvelle Guinée dans la partie orientale et en Irian Jaya dans la partie occidentale indonésienne.

Par conséquent, pour éviter l'extinction de l'espèce *Ornithoptera alexandrae* ou ornithoptère de la reine Alexandra (le plus grand et le plus menacé des ornithoptères), plusieurs zones cynégétiques ont été aménagées sur la côte Nord de la Papouasie Nouvelle Guinée. Le gouvernement y met également en place des refuges, administrés par des Conseils villageois, pour préserver et protéger d'autres papillons ornithoptères et d'autres ressources de la vie sauvage. Cette préservation de l'habitat est un volet important du programme national officiel d'élevage des papillons.

Une variante des collections classiques consiste à considérer les insectes ayant une très belle apparence comme un objet décoratif par lui-même, à condition qu'il fasse l'objet d'une présentation appropriée. Des cadres en bois ou en matière plastique recouverts d'une vitre de qualité permettent d'offrir à la vue des insectes particulièrement attractifs par leurs teintes (scarabées à couleurs vives), leur originalité mimétique (phasmes), leur envergure, voire leur rareté. Le souci de qualité chez les intermédiaires qui se chargent de ce type de mise en valeur va en principe jusqu'à la garantie d'identification scientifique des insectes présentés (genre, espèce, sexe, lieu et date de capture). Dans certains pays, il n'est pas rare d'offrir de tels cadres à fixer aux murs à l'occasion d'anniversaires ou de fêtes.

Une autre utilisation des insectes, apparue en Afrique vers 1980 environ, repose sur l'emploi des ailes, fragments d'ailes ou écailles des ailes de papillons pour composer des tableaux originaux très colorés quoique sans peinture. Montés dans des cadres, des scènes africaines sont couramment figurées et vendues à des touristes de passage.

Plus récemment, le progrès de l'industrie des matières plastiques a

également autorisé les plus entreprenants à fabriquer, avec des insectes de qualité irréprochable, des inclusions dans des blocs transparents susceptibles d'être employés comme porte-clés, presse-papiers, ou simples souvenirs ou cadeaux d'entreprises.

Par ailleurs, on ne négligera pas l'important secteur de la lutte pour la protection de l'environnement, et notamment le recyclage des déchets (17). Le traitement des ordures ménagères ou urbaines est bien connu pour bénéficier de l'action des vers de compost ou de fumier, mais le public connaît moins le rôle positif que de nombreux insectes peuvent jouer dans ce domaine. Selon le même principe, la réduction des désagréments liés aux effluents des élevages de type industriel peut être basée sur un emploi intelligent et dirigé de certains insectes.

Ainsi, la biodégradation a été étudiée aux U.S.A. avec des larves de *Musca domestica*. Elles permettent la conversion du fumier en engrais fertilisant inodore et leurs pupes servent en outre d'excellente source de protéines pour la volaille. C'est donc un recyclage complet. Tous les Muscidés ne sont cependant pas aptes à dégrader le fumier ancien, semi-liquide. *Musca domestica* est la plus efficace, mais il s'est avéré nécessaire de la sélectionner suivant sa

vigueur. Ce sont les bactéries plutôt que les champignons et les levures, qui sont d'abord responsables de la production d'ammoniaque et de la libération d'azote, et ainsi de l'augmentation du pH du fumier. Les larves de *Musca domestica* jouent un rôle capital en aérant le milieu, favorisant ainsi l'activité des bactéries aérobies, la perte de l'azote et la diminution de l'humidité.

Enfin, certaines formes de lutte biologique sont basées sur des lâchers d'insectes issus d'élevages spécialisés, à des échelles allant du simple individu achetant des coccinelles pour lutter contre des pucerons dans son jardin, jusqu'aux campagnes officielles couvrant de très vastes zones (mâles stériles,..).

Références

- (1) Beard, R.L., Sands, D.C.[1973]. Factors affecting degrading of poultry manure by flies. *Environmental Entomology*, 2, 801-806.**
- (2) Calvert C.C. [1979]. Use of animal excreta for microbial and insect protein synthesis. *Journal of Animal Science*, Vol 48, N°1.**
- (3) Comby B. [1990]. *Délicieux insectes. Les protéines du futur.* Editions Jouvence. St Julien-en-genevois (France). 156 p.**

- (4) De Foliart G.R. [1989]. **The human use of insects as food and as animal feed. Bulletin of ESA. Entomology, University of Wisconsin, Madison.**
- (5) Ding Zimian, Zhao Yongghua, Gao Xiwu. [1996]. **Medicinal insects in China, Ecology of Food and Nutrition, V 36, p 209-220.**
- (7) Lamy M. [1997]. **Les insectes et les hommes. Une encyclopédie du monde des insectes.** Paris, Albin Michel. 415 p.
- (8) Malaisse F. [1997]. **Se nourrir en forêt claire africaine - Approche écologique et nutritionnelle.** Presses Agronomiques de Gembloux. 383 p.
- (9) Mc Rae T., **Insects in the human diet.** Entomology Department, University of Queensland.
url: http://www.biologie.uni-halle.de/~bzopn/I_eatin1.html. (1998)
- (10) Morgan, N.O., Calvert, C.C., Martin, R.D.[1970]. **Biodegrading poultry excreta with house fly larvae; the concept and equipment.** USDA Agricultural Res. Service, Bull. 33:136.
- (11) Nakagaki B.J., Sunde M.L., De Foliart G.R. [1987]. **Protein**

quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. *Poultry Science* 66:1367-1371.

(12) National Research Council. [1983]. Butterfly farming in Papua New Guinea, Managing Tropical Animal Resources Series. National Academy Press, Washington D.C. 36 p.

**(13) National University of Singapore. [1997]. Department of Biological Sciences. Tropical Fish Culture.
url: <http://www.dbs.nus.edu.sg/research/fish/livefood/mealwm.html>. (1998).**

(14) Newton G.L., Booram C.V., Barker R.W., Hale O.M. [1977]. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, V.44(3), 394-400.

**(15) Newton G.L., Sheppard D.C., Thompson S.A., Savage S.I. [1995]. Soldier fly benefits: house fly control, manure volume reduction, and manure nutrient recycling.
url: http://www.ads.uga.edu/annrpt/1995/95_311.htm (1998)**

(16) Ocio E., Viñaras R.. [1979]. House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Anim.*

Feed Sci. Technol., 4:227-231.

- (17) Phelps R.J., Struthers J.K., Moyo S.J.L. [1975]. Investigations into the nutritive value of *Macrotermes falciger* (Isoptera:Termitidae). *Zool. Afr.* 10, 123-132.
- (18) Piccioni M. [1965]; adaptation française J. Hardouin. Dictionnaire des aliments pour les animaux, Paris. Edagricole 819 p.
- (19) Salmon R.E., Szabo T.I. [1981]. Dried bee meal as a feedstuff for growing turkeys. *Canadian Journal Anim. Sci.* 61:965-968.
- (20) Santos Oliveira J.F., Passos de Carvalho J., Bruno de Sousa R.F.X., Madalena Simao M. [1976]. The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecol. Food Nutr.* 5, 91-97.
- (21) Tango Muyay [1981]. *Les insectes comme aliments de l'Homme.* Kinshasa (Zaïre):CEEBA Publications, série II 69, 177 p.
- (22) Ukhun M.E., Osasona M.A. [1985]. Aspects of the nutritional chemistry of *Macrotermes bellicosus*. *Nutr. Rep. Int.* 32, 1121-1130.

3.2 Production

Généralités

Ce chapitre reprend les informations qui ont pu être récoltées sur place ou retrouvées dans de la littérature, parfois ancienne, mais qui méritaient d'être connues car elles fournissaient des données susceptibles d'applications nouvelles, dans la conception du mini-élevage. Les espèces d'insectes citées sont donc celles qui ont été identifiées comme faisant l'objet d'une utilisation. Il est probable que d'autres espèces pourraient également servir à l'un ou l'autre usage, encore inconnu à ce jour de la part des auteurs qui le regrettent et seraient très heureux de recevoir des informations à ce sujet.

L'alimentation de base de la volaille doit couvrir les besoins d'entretien, de croissance, de production et apporter en proportions convenables les différents minéraux, acides aminés et vitamines indispensables.

Les aliments protéiques d'origine animale et végétale fournissent les acides aminés (lysine, méthionine, cystine) qui font souvent défaut dans les rations de la volaille élevée au niveau villageois dans les pays en voie de développement.

Les sources protéiques d'origine animale sont habituellement

représentées par les farines de poisson, de viande ou de sang; elles sont souvent importées. Les protéines d'origine végétale sont disponibles dans les divers tourteaux, parfois importés également, et dans les légumineuses distribuées en graines (haricots, soya et autres) avec les contre-indications et inconvénients qui peuvent être associés à cette forme de distribution.

Si on admet que l'alimentation de base de la volaille locale doit rester la nourriture trouvée en brousse et autour des cases (grains, insectes, verdure, etc.), il devient normal de considérer les différentes ressources locales susceptibles d'être valorisées. C'est notamment le cas pour les vers de terre ou de fumier, les petits escargots, les insectes,...

Des techniques de production rationnelles se mettent en place actuellement, grâce notamment à diverses recherches.

3.2.1 Blattes

Techniques d'élevage de laboratoire.

Blatte germanique (adultes et larves).

La température d'élevage se situe entre 25 et 29 °C; l'humidité relative sera maintenue entre 40 et 50 % tandis que les conditions d'éclairage seront naturelles (lumière du jour).

Il faut prévoir (10) des récipients en verre d'une capacité d'environ 4 litres avec un couvercle constitué par du tissu en coton maintenu par un élastique; une bande de 3 à 4 cm sera enduite de vaseline sur la face interne du bord supérieur du récipient afin de prévenir toute escapade des larves.

On aménagera des endroits où les blattes pourront se cacher: à cet effet, des morceaux de carton ondulé seront maintenus dressés contre la paroi du récipient.

Les abreuvoirs sont constitués de petits tubes en verre bouchés avec du coton hydrophile.

Les mangeoires sont des boîtes cartonnées du genre boîte à fromage camembert.

Blattes américaine et orientale (adultes et larves).

La température d'élevage se situe entre 25 et 29°C; l'humidité

relative sera maintenue entre 30 et 40% et il est nécessaire de prévoir un éclairage tamisé.

Il faut disposer de cages en fer galvanisé, imperméables à l'eau et dont les dimensions sont approximativement de 4 boîtes à chaussure assemblées (50 x 30 x 20 cm). Le couvercle est constitué d'un grillage à fines mailles. Le bord interne supérieur est enduit de vaseline pour prévenir les évasions des larves.

Ici les abreuvoirs sont constitués par des récipients remplis d'eau retournés sur une assiette dont le fond est tapissé de coton hydrophile.

Pour toutes les espèces, il faut prévoir également une litière de sciure de bois d'environ 1 cm d'épaisseur.

Pour les femelles gravides et pour faciliter la collecte des larves, il est nécessaire de prévoir des cylindres de métal grillagé faisant environ 20 cm de long et 10 cm de diamètre (un cylindre peut abriter 50 à 60 femelles). Le plancher et le couvercle seront également constitués de métal grillagé. Ces cylindres seront posés sur des boîtes de carton cylindriques retournées et à la base desquelles on pratique 2 encoches en V de 1cm pour permettre aux larves de se

cacher.

Lorsque les larves ont atteint le niveau de développement désiré, on déplace les tubes cylindriques avec les femelles qu'ils contiennent dans d'autres récipients pour une nouvelle production de larves. Le remplacement des adultes s'opère au bout de 2 à 3 semaines de production.

Maintien et hygiène de la colonie adulte.

- **Renouveler la litière tous les 15 jours;**
- **remplacer le coton hydrophile et l'eau des abreuvoirs une fois par semaine;**
- **remplacer les cartons ondulés selon nécessité;**
- **vérifier régulièrement les barrières de vaseline;**
- **veiller à la présence constante de nourriture pour éviter le cannibalisme.**

3.2.2 Termites

Introduction

Les œufs et les larves de termites sont très appréciés par les volailles en général, mais les poules et les pintades n'ont normalement pas accès à ces sources situées à l'intérieur des termitières. Il est cependant courant que les propriétaires de poules ou de pintades, soucieux d'améliorer les rations de leurs volailles, cassent des nids de termites pour les jeter à leurs oiseaux.

Principes de l'élevage

Certains sont allés plus loin (7) (18) et ont mis au point une véritable technique de production de termites. Une méthode appliquée au Togo, a été reprise dans le cadre d'un projet au Bénin (projet Songhaï).

Le principe de cette méthode consiste à rassembler des déchets fibreux humidifiés additionnés d'un peu de terre puis de provoquer l'inoculation de ce milieu d'élevage avec quelques termites.

Techniques



Figure 8. Trou de termites (18)

Le matériel nécessaire à cette production se réduit à un récipient sphérique en terre cuite (canari) et un vieux sac de jute. On introduit dans le canari des morceaux de tiges séchées et des rafles de maïs déchirés à la main ou pilés avec une pierre.

Pour maintenir le contenu en place lorsque le canari sera retourné, on dispose les derniers morceaux de tige de façon à former une croix et fermer son ouverture, puis on ajoute de la terre et on humidifie le tout.



Figure 9. Canari retourné (18)

Il faut alors repérer un orifice par lequel des termites sortent de terre; on peut souvent observer des termites en soulevant des morceaux de carton ou de bois humide qui traînent sur le sol même

si, apparemment, il n'y a pas de termitières dans les environs. Il convient de placer le canari, bien rempli de tiges et de rafles de maïs, à l'envers sur ce trou. Le canari est couvert d'un sac de jute mouillé pour maintenir un microclimat frais et humide.

Deux à quatre jours plus tard, on trouve une quantité considérable de termites dans le récipient.

Il suffit alors de verser le contenu du canari dans un poulailler pour que les poules trient elles-mêmes rapidement les termites et les résidus de matière organique.



Figure 10. Contenu de canari(18)

Résultats

Pour les termites comme pour d'autres insectes, le respect des délais est important. En effet, si le canari est retourné sur un trou fait dans une termitière très active, les termites n'y pénètrent pas rapidement.

Si par contre on ne récolte pas assez vite le contenu du canari, le nombre de termites diminue car les insectes quittent le récipient

après avoir consommé la matière organique.

Il est également possible d'utiliser le même orifice de termitières à plusieurs reprises et après avoir enlevé un canari, en remettre immédiatement un autre bien chargé en matières organiques.

L'avantage de recueillir des termites à partir de ce genre d'orifice se situe dans la rapidité de la récolte qui peut avoir lieu en 2-4 jours. Le temps de rotation des canaris est donc réduit et avec plusieurs canaris et plusieurs trous, il est donc possible de récolter beaucoup plus de termites pendant une période déterminée et pratiquement en continu.

Toutes les observations effectuées montrent que les volailles, aussi bien adultes que jeunes, vont rapidement repérer le moment de la distribution quotidienne et se jeter sur le mélange offert pour en picorer tout ce qui bouge.

Les cas d'achats de morceaux de termitières contenant des insectes vivants sont bien connus en Afrique et à Madagascar. Ces blocs sont en effet brisés d'habitude en petits fragments mis à la portée de poussins ou de pintadeaux, ce qui améliore indubitablement leur alimentation en élevage villageois. Il serait cependant préférable de

produire ces termites au lieu de démolir des termitières car le rôle de ces insectes dans l'écosystème est particulièrement positif.

L'emploi de termites peut également être indiqué pour fournir des proies vivantes et/ou mobiles à des animaux qui exigent ce type d'alimentation, comme c'est le cas pour des alevins ou des grenouilles.

3.2.3 Grillons

Introduction

Le grillon domestique (*Acheta domesticus*, famille des Gryllidae) se prête bien à un élevage dans des conditions contrôlées et peut produire de 6 à 7 générations par an.

De plus, il est omnivore et des études ont montré qu'il est apte à recycler du fumier de volailles en une substance alimentaire riche en protéines pour les poules, et ceci de manière compétitive sur le plan économique (11).

Principes de l'élevage

Bien que la température qui convient le mieux aux grillons soit d'environ 30°C, ils supportent relativement bien les écarts de température et peuvent notamment vivre et se reproduire en Europe à une température d'intérieur (20°C).

Leur grande prolificité avec une nouvelle génération par mois permet de constituer un élevage en peu de temps. De plus, il est facile de se procurer les premiers grillons chez des animaliers, car les grillons sont parfois vendus pour nourrir des oiseaux ou des souris en cage. Les prix pratiqués pour des grillons d'élevage étaient d'environ 60BEF (1,5EUR) l'unité en 1990 en région parisienne et en 1996 en Belgique.

Avoir un élevage de grillons chez soi ne coûte pour ainsi dire rien car une fois l'élevage installé, les grillons mangent les restes de table: épluchures de fruits et légumes, restes de viande et poisson.

La méthode d'élevage considérée comme la meilleure par Bruno Comby, auteur de l'ouvrage «*Délicieux Insectes*»⁽⁴⁾ consiste à reconstituer au mieux l'alimentation du grillon sauvage, en lui donnant uniquement des aliments naturels.

La consanguinité et le fait que les grillons soient élevés en captivité ne posent apparemment aucun problème du moment que les grillons sont nourris de manière naturelle et qu'ils disposent d'un choix suffisant d'aliments.

Techniques

Il faut prévoir, pour un élevage d'environ 2.000 grillons selon la méthode Comby, au moins un mètre carré de surface. Cet élevage peut subvenir aux besoins journaliers en protéines d'un homme adulte.

Une seule femelle peut pondre des milliers d'œufs. En commençant avec une dizaine de grillons, l'élevage après 4 ou 6 mois, aura largement de quoi remplir une petite pièce ou une serre. La régulation du nombre de grillons d'un élevage est automatique: dès qu'il y trop de grillons par unité de surface ou pas assez de nourriture pour tous, les grillons meurent, se mangent entre eux ou mangent leurs petits, ce qui régule naturellement la population de l'élevage.

Le matériel nécessaire se composera:

d'une caisse: surface de base d'environ 1m² et de 0,5m de hauteur; employer un matériau lisse (plastique, bois mélaminé); prévoir un couvercle transparent avec aération; le fond servira à installer un parterre de cailloux. Le couvercle et les parois de la caisse doivent être bien assemblés pour empêcher les grillons nouveau-nés de s'y faufiler (ils sont minuscules, mesurant à peine quelques millimètres de long après éclosion);

d'un pondoir: une assiette ou un pot de fleur rempli à ras bord de sable ou de terre meuble;

d'une toile moustiquaire: à poser à la surface du pondoir. L'oviducte des femelles étant très fin, celles-ci peuvent pondre dans la terre à travers la moustiquaire, mais les grillons adultes ne pouvant pas passer leur tête à travers la moustiquaire ne pourront pas manger les œufs, ni creuser de galeries..;

de cailloux ou de briques creuses: pour simuler l'habitat naturel des grillons (les grillons aiment se réfugier dans les anfractuosités des cailloux ou les creux des briques). Les

cailloux doivent être assez gros (diamètre minimum de 5 cm environ) pour que les grillons adultes puissent s'y faufiler;

de pièges à grillons: un morceau de carton d'emballage (1/4 de m² environ);

d'un abreuvoir-baignoire: une petite coupelle ou une assiette remplie à moitié d'eau. Les grillons ont besoin d'un point d'eau pour boire d'une part, et pour s'y baigner d'autre part.

Il convient de prévoir un chauffage pour un élevage à l'extérieur en pays froid, car les grillons supportent mal les températures inférieures à 20°C. La température optimale pour un élevage est de 28 à 30°C.

Alimentation

Le grillon est un animal omnivore, ce qui facilite les choses pour le nourrir. Les grillons ont également un besoin assez important de sel (de 0,4 à 0,7 % de leur nourriture).

Entretien

Il suffit de renouveler l'eau et la nourriture environ deux fois par semaine. Vérifier l'humidité du pondoir. Il n'est pas nécessaire de nettoyer les excréments de grillons. En effet, ceux-ci sont recyclés au fur et à mesure par les grillons eux-mêmes, par des acariens ou par d'autres petits insectes qui s'installent dans l'élevage: les acariens mangent les excréments et les cadavres de grillons tandis que les grillons mangent les acariens en excès... ce qui garantit la propreté de l'élevage pendant un temps très long (plusieurs années) sans autre entretien que le renouvellement de la nourriture.

Les pièges à grillons

Avec du carton d'emballage, on fabriquera une douzaine de tubes (de 15 cm de long et de 1 cm de diamètre) fermés à une extrémité (ruban adhésif) et accolés les uns aux autres; lorsque le couvercle de la boîte est ouvert, les grillons ont peur et vont instinctivement se réfugier dans les lieux obscurs et profonds. Bon nombre d'entre eux vont ainsi se précipiter dans les cylindres du piège qu'il suffit alors de sortir de la caisse.

3.2.4 Vers de farine

Introduction

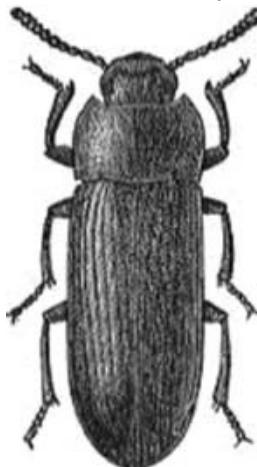


Figure 11. Ténébrion adulte

On ignore souvent que ce qu'on appelle communément les «vers de farine» sont en fait les larves de coléoptères du genre *Tenebrio*, et notamment des espèces *Tenebrio molitor* et *Tenebrio obscurus* appartenant tous deux à la famille des Ténébrionidés. Ces larves sont consommées par un grand nombre d'animaux comme les oiseaux, les tortues, les lézards, les grenouilles, les petits mammifères et les poissons. Les amateurs d'oiseaux connaissent aussi très bien les vers de farine car ils les utilisent pour nourrir leurs volatiles. Plus particulièrement, *Tenebrio molitor* est élevé en grandes quantités

pour être vendu dans les magasins pour animaux familiers et servir de nourriture aux animaux insectivores; il est fort utilisé dans les laboratoires dans le même but. Quelques poissons d'aquarium apprécient cette nourriture vivante, particulièrement les larves fraîches: poissons papillons, barbeaux, poissons sagittaires.

Biologie et cycle de vie



Figure 12. Larves de ténébrion (12)

On distingue deux espèces de vers de farine, le ver de farine jaune

(*Tenebrio molitor* L.) et le ver de farine foncé (*Tenebrio obscurus* F.), tous les deux très semblables. Les adultes du ver de farine foncé sont de couleur gris noir terne alors que l'adulte du ver de farine jaune est brun sombre ou noir brillant et lustré. Les plaques dorsales du ver de farine jaune ont une couleur brun jaune tandis que celles du ver de farine sombre sont soit brun roux soit brun foncé. Le troisième segment de l'antenne du ver de farine jaune est plus court que le premier et le second segment réunis alors qu'il est égal à cette longueur totale des deux premiers segments chez le ver de farine sombre. La longueur du deuxième segment de l'antenne du ver de farine jaune est égale à trois fois sa largeur alors qu'elle est égale à quatre fois sa largeur chez le ver de farine sombre.

Les deux espèces sont des fossoyeurs cosmopolites que l'on retrouve généralement dans les débris de grains et la farine répandue sur le sol des moulins ainsi que dans les entrepôts qui présentent de mauvaises conditions d'hygiène.

Parmi les insectes, les vers de farine sont parmi les plus grands en taille à s'attaquer aux produits en stock mais leur importance n'est pas significative si on considère l'ampleur des dégâts occasionnés mis à part la contamination par leurs excréments et cadavres.

Certains ne les considèrent pas comme des insectes nuisibles et en réalisent un véritable élevage à but commercial. Ils peuvent être facilement élevés à partir de son de blé et de farine d'avoine.

Le cycle de vie des vers de farine comprend les quatre stades classiques: œuf, larve, nymphe et adulte. Le cycle de développement du ver de farine jaune est décrit en détail ci-dessous:

Les œufs, en forme de haricot, sont pondus soit séparément soit en chapelets. Leur taille est d'environ $1,8 \times 0,9$ mm. Ils sont recouverts d'une couche de sécrétion collante et on retrouve souvent des particules de nourriture ou de matière fécale qui adhèrent à leur enveloppe extérieure. À la température de 28 °C, les œufs mettent 7 jours pour se développer en larves: celles-ci font un trou à une extrémité de l'œuf et sortent de ce dernier en rampant.



Figure 13. Larve de ténébrion vue de plan et de profil

Une larve fraîchement éclosé mesure environ 3,0 mm de long et pèse 0,6 mg; elle est de couleur blanchâtre au départ puis vire progressivement au jaune brun pâle. En moyenne, la larve passe par 15 stades successifs avant de se transformer en pupe. À température ambiante, une larve met trois à trois mois et demi pour devenir mature. À ce stade, elle mesure entre 28 et 32 mm de long et pèse entre 130 et 160 mg. Bien qu'à cette époque les larves aient fini leur croissance, toutes ne sont pas prêtes à se changer en nymphe. Certaines d'entre elles en effet n'effectuent cette transformation que 4 à 5 mois après l'éclosion et après plus de 20 transformations intermédiaires. Les larves ont une forme cylindrique; la tête est petite et porte de fortes pièces buccales masticatrices ainsi qu'une paire d'antennes courtes. Le premier segment thoracique est habituellement plus long et plus sombre que les deux suivants. L'abdomen est long et se divise en 9 segments. Le dernier segment est petit et conique; il porte deux petits appareillages en forme de crochet. Sur la face ventrale de l'abdomen, entre le 8e et le 9e segment, on trouve un pseudo-pied portant une paire de minuscules tubercles.

Les nymphes sont inactives: elles ne bougent ni ne se nourrissent, mais elles répondent à un toucher en faisant des mouvements dorso-ventraux ou circulaires avec leur abdomen. La tête de la nymphe est repliée sur la face ventrale de sorte qu'on ne peut la voir à partir de la face dorsale. La nymphe du ver de farine n'est pas enfermée dans un cocon: on peut donc apercevoir presque toutes les caractéristiques de l'adulte à travers sa membrane. La tête porte des antennes et des pièces buccales. Au début, les yeux sont difficiles à voir mais plus tard, alors que la couleur se développe, ils deviennent visibles sur les faces latérales de la tête sous la forme de deux barres brun clair. D'abord très peu colorée, la nymphe devient jaunâtre après un jour. Le stade nymphe dure environ 7 jours à la température ambiante. Dans de bonnes conditions de température le cycle de développement de l'œuf à l'adulte dure de 3 à 4 mois.

Lorsque l'adulte apparaît, la tête et les premiers segments thoraciques sont bruns mais les ailes qui couvrent complètement l'abdomen sont blanches. Plus tard, elles deviennent brun roux et la couleur de l'insecte tout entier vire alors au brun foncé ou au noir brillant. Mâles et femelles se ressemblent beaucoup et on ne peut distinguer un mâle qu'en l'examinant sous un binoculaire après avoir exercé une pression sur son abdomen: il possède un organe

reproducteur rigide en forme de tube qui sort de l'extrémité abdominale sous l'effet de la pression exercée. Les adultes vivent de deux à trois mois. En moyenne, les femelles pondent 280 œufs tout au long de leur vie d'adulte.

Principes de l'élevage

Il est aisé d'élever chez soi des vers de farine sur une petite échelle (6). Il faut disposer de récipients en plastique dans lesquels le substrat d'élevage sera constitué d'un mélange de 2 kilos de farine de céréale, 200 grammes de son, 200 grammes de levure de bière en poudre et 200 grammes de carottes râpées, le tout étant alors recouvert d'un papier journal. En outre, la présence de carnitine est absolument nécessaire pour le bon développement du *Tenebrio molitor*. Les proportions ci-dessus conviennent à une population d'une centaine d'individus. Les bacs doivent être gardés à une température de 27 °C et une humidité relative de 70 % (le maintien de cette dernière peut être réalisé par pulvérisation). La ponte a lieu au bout de 15 jours et il convient alors de séparer les œufs (tamisage) et de suivre la croissance des larves jusqu'à ce qu'elles atteignent une taille comprise entre 2 et 5 cm. Les larves sont alors placées dans des bacs contenant une couche de son de 1 cm tout au

plus. Le cycle complet dure environ 3 mois.

Techniques

La production en masse de ver de farine a notamment été réalisée en utilisant du son de blé, de la farine de soja et de la poudre de lait écrémé. Différentes concentrations de protéines ont été testées pour connaître leur effet éventuel sur la croissance et la fécondité du ver de farine(12). Les 4 régimes expérimentés étaient 400 g de son de blé(A), 300 g de son de blé + 100 g de farine de soja(B), 300 g de son de blé + 100 g de poudre de lait écrémé(C), et 200 g de son de blé + 100 g de poudre de lait écrémé(D).

Une centaine d'adultes obtenus à partir d'un élevage de masse à la température de 28°C ont été placés dans des bacs d'élevage contenant les différentes rations et y ont été maintenus pendant 24 heures, temps nécessaire pour la ponte, puis ils ont été retirés. Au bout d'une semaine, les jeunes larves ont commencé à éclore puis à se nourrir. Leur poids et leur longueur corporelle ont été mesurés toutes les deux semaines. Pour procurer suffisamment d'humidité aux larves, on arrosait un papier filtre disposé à la surface des aliments.

Les résultats ont montré (tableau 16) que tous les régimes étaient adéquats pour assurer une croissance normale des larves. Les meilleurs résultats ont été obtenus dans les groupes C et D caractérisés par une supplémentation en poudre de lait écrémé. On pense que cet effet bénéfique est imputable à une meilleure combinaison des acides aminés dans la protéine du lait écrémé.

Tableau 16. Croissance de larves de vers de farine. (12)

Age (semaines)	Régime A		Régime B		Régime C		Régime D	
	LC	PC	LC	PC	LC	PC	LC	PC
2	6.20	1.28	5.92	1.11	6.23	1.11	6.03	1.11
4	11.21	8.37	10.75	6.83	10.25	6.46	10.67	5.73
6	14.42	22.50	13.48	17.54	14.19	19.43	14.12	18.94
8	17.33	38.11	17.05	35.47	17.99	39.57	17.77	39.34
10	19.50	57.78	18.51	51.03	19.48	59.15	19.78	59.77

LC: longueur corporelle (en mm)

PC: poids corporel (en mg)

Un certain nombre de chercheurs ont trouvé qu'il était nécessaire d'ajouter des légumes racines et des salades; ils insistent en outre sur l'importance de garder un certain taux d'humidité tout au long de la culture afin de prévenir le cannibalisme.

L'humidité est un facteur très important pour le succès de l'élevage des vers de farine. À l'instar de beaucoup d'autres insectes vivant de produits stockés par l'homme, le ver de farine jaune se nourrit habituellement à partir d'aliments secs et la quantité d'eau qu'ils peuvent tirer de ces aliments est plutôt limitée. Ces insectes sont capables d'extraire pratiquement toute trace d'eau à partir de leurs excréments et de produire des fèces très sèches. Si les larves du ver de farine jaune sont approvisionnées avec de la nourriture sèche, elles peuvent survivre et produire une génération par an; par contre, si on leur donne l'occasion de boire de l'eau, elles produiront six générations par an et déposeront beaucoup plus de graisse dans leurs tissus corporels.

La fécondité des vers de farine jaunes est également affectée par l'humidité relative. Pour une valeur de 20 %, chaque individu pond 4 œufs; à 65 % d'humidité relative, ce nombre passe à 102 œufs. L'activité des adultes est aussi la plus importante lorsque l'humidité relative varie entre 90 et 100 %.

Les larves du ver de farine jaune vivent habituellement dans l'obscurité, mais elles grandiront plus vite si on leur fournit de la lumière.

La température affecte également le développement: à 33 °C, la durée du stade nymphal est de 6 jours; à 27 °C, elle est de 7 jours; à 24 °C, cette durée passe à 10 jours et à 21 °C, elle est de 13 jours.

Conclusion. Le ver de farine jaune est facile à élever; il est largement utilisé dans les laboratoire pour la même raison. Ces vers peuvent être aisément nourris. En élevant le ver de farine, certains sous-produits pourraient être convertis en protéines de haute qualité utilisables par exemple par des poissons d'aquariums.

Le ver jaune du palmier

Introduction

On appelle ver jaune du palmier la larve d'un coléoptère de la famille des Scarabéides, plus précisément celle de l'*Oryctes monoceros*.

Ces larves vivent de façon permanente ou temporaire dans les troncs de palmiers où elles trouvent abri et nourriture. Dans les régions d'Afrique de l'Ouest à climat guinéen où prospèrent les cultures de palmier (huile, coco, raphia,...), les villageois ont l'habitude de capturer ces larves dans les troncs morts des palmiers pour les consommer rôties ou cuisinées. Dans la partie orientale du Nigeria, par exemple, on les utilise comme supplément dans l'aliment de sevrage des nourrissons.

Il est cependant difficile de trouver ces larves en vente sur le marché car elles sont une denrée rare.

Biologie

Ces larves sont de couleur jaunâtre; la tête est recouverte par une cuticule épaisse de couleur brunâtre. Elles mesurent 3 à 4 cm de long et à maturité, elles ont une épaisseur variant entre 1 et 1,5 cm; leur poids peut atteindre 30 grammes. L'analyse chimique révèle une teneur en matières grasses avoisinant 65 %. Elles sont riches en protéines et oligo-éléments. La taille finale est atteinte au bout de 30

jours environ, après quoi la larve se métamorphose en nymphe qui n'est plus du tout comestible.

Environnement naturel

Il est constitué par la pulpe de troncs de palmier en décomposition dans laquelle l'insecte femelle pond ses œufs. Après l'éclosion, les larves se nourrissent et se développent à partir de la pulpe du tronc. Il est difficile de noter la présence des larves au cours des dix premiers jours de leur existence. Ce n'est qu'au bout de ce laps de temps en effet qu'elles produisent un bruit de mastication semblable à celui d'une machine à laver le linge. La fréquence des vibrations diminue tandis que le bruit augmente en intensité au fur et à mesure que les larves grandissent. À maturité, la fréquence du bruit est d'environ 10 vibrations par minute. C'est l'époque à laquelle la récolte des larves peut commencer.

Les troncs morts de palmiers sont progressivement débités en tranches dans le sens de la longueur pour mettre à jour les tunnels que les larves y ont creusés. Il faut opérer prudemment afin de ne pas couper les larves qui, lorsqu'elles deviennent visibles, sont récoltées avec les doigts ou un morceau de bois.

Recherche en vue d'une production en élevage

L'idée de recherche actuelle a germé à partir de pratiques villageoises du Nigeria oriental; la pression sur la récolte des vers jaunes du palmier devenant de plus en plus forte, les villageois ne pouvaient plus attendre que les larves atteignent leur plein développement, craignant que d'autres ne viennent exploiter leur territoire de chasse. Quelques sages décidèrent alors d'élever les larves dans leur concession. Le but de la recherche est de contrôler et d'accélérer la croissance de ces larves pour la production de matières grasses et d'huile à usage domestique.

Les chercheurs locaux pensent que le substrat naturel d'élevage pourrait être avantageusement remplacé par des tiges de bananier qui peuvent croître beaucoup plus rapidement et qui pourraient être bien mieux valorisées de cette manière après récolte des bananes.

Pour les essais préliminaires, on a fabriqué des bacs d'élevage (14) pouvant contenir 4 troncs de bananier d'environ 60 cm de long. On humidifie les troncs à l'aide de vin de palme 48 heures avant de les ensemencer avec des jeunes larves prélevées sur des palmiers en décomposition, à ce stade initial de la recherche. Les bacs sont alors

couverts et gardés dans une place ensoleillée pour l'apport de chaleur. On procède à un arrosage régulier des troncs de bananier avec du vin de palme tous les cinq jours.

D'autres milieux d'élevage pourraient être testés: sciure de bois, ordures ménagères, résidus de culture,...

Les premiers résultats sont mitigés (70 % de récolte): la contrainte principale à lever étant le peu de connaissances actuelles sur le cycle de vie de l'insecte et les conditions idéales à remplir pour une ponte réussie sur le substrat d'élevage fourni aux femelles.

3.2.5 Asticots de mouche domestique *Musca domestica*

Introduction

La mouche domestique passe par 4 stades de développement au cours de sa vie: l'œuf, la larve qu'on appelle asticot, la pupe et l'adulte ailé. Dans des conditions normales, les œufs mettent 8 à 12 heures avant d'éclore. Le stade larvaire dure 5 jours environ et le stade pupe 4 à 5 jours. De l'œuf à l'adulte, le développement dure donc une dizaine de jours. Dans des conditions idéales, le cycle peut être raccourci de 4 jours.



Figure 14. Mouche domestique (6)

En élevage contrôlé, les mouches femelles adultes ont démontré leur capacité de pondre plus de 2.000 œufs. La femelle pond tous les 3 à 4 jours des chapelets d'œufs qui peuvent compter 75 à 100 unités. Dans les conditions naturelles, une mouche femelle produira environ 500 à 600 œufs au cours de sa vie d'adulte.



Figure 15. Asticots (6)

Habituellement, les mouches pondent dans la matière organique humide et en décomposition telle que le fumier, des déchets et des aliments répandus sur le sol. Les asticots, ou larves de la mouche, se développent au travers de 3 stades larvaires. Le premier, de couleur crème, après son éclosion, se nourrit pendant 4 à 5 jours. La taille de l'adulte dépendra de la croissance que la larve aura pu développer pendant sa période d'alimentation.

À la fin de sa période alimentaire, l'asticot (au 3^e stade larvaire) s'éloigne en rampant des zones d'alimentation humides vers un endroit plus sec pour se transformer en pupe. Ce stade migratoire

avant la pupaison peut durer 3 à 4 jours. La pupaison a lieu dans un aliment ou du fumier sec. Une fois au repos, la larve se transforme en une pupe de couleur brunâtre. Celle-ci ne se nourrit pas. Elle restera sur place jusqu'à ce que la mouche adulte soit prête à sortir des vieilles enveloppes de pupe.

Grâce à un organe en forme de lame situé sur la tête, la mouche adulte ouvre puis pousse l'extrémité de l'enveloppe de la pupe. Ensuite, cet organe se déploie et se contracte alternativement pour ouvrir un passage à la mouche au travers du fumier et des débris organiques et lui permettre d'atteindre la surface.

Les mouches adultes mâles et femelles se nourrissent surtout à partir de matière organique en décomposition. Entre les périodes d'alimentation, les mouches s'accouplent et pondent des œufs.

Dans les conditions idéales, les mouches domestiques peuvent se multiplier en très grandes quantités. À partir de 450 grammes de fumier frais, il est possible de récolter plus de 1.500 asticots et par calcul, on pourrait obtenir 1,5 million de larves à partir de 450 kilos de fumier. Ceci signifie que de petites surfaces peuvent produire de très grandes populations de mouches. Il faut savoir aussi que la

mouche domestique ne peut absorber de la nourriture que sous forme liquide. Quand une mouche s'alimente, elle peut fréquemment régurgiter des gouttelettes de nourriture et de salive, ce qui contribue à liquéfier la nourriture mais favorise aussi le transport de germes et éventuellement la transmission d'infections et de maladies.

Principes de l'élevage

L'élevage contrôlé de mouches peut se concevoir de deux façons différentes lorsqu'il s'agit d'associer ce type de production avec la zootechnie classique. La conception qui s'indique le plus est certainement celle de l'amélioration des performances chez les volailles en élevage villageois à l'échelle familiale. Les investissements sont quasi inexistant, alors que des prestations quotidiennes sont requises.

L'autre approche concerne des exploitations de type industriel où des problèmes de pollution existent, et où une transformation des effluents d'élevage est possible par l'intermédiaire des insectes. Dans ce dernier cas la réduction des coûts de main d'œuvre implique en général des investissements spécifiques voire des aménagements des

bâtiments.

L'élevage d'insectes comme aliment pour l'homme constitue une voie totalement différente. Il est cependant évident que l'entomophagie parfois préconisée comme un renouveau culinaire dans les pays industrialisés ne se situe pas dans le même contexte que la production d'insectes dans les pays tropicaux pour remplacer la cueillette habituelle par des méthodes durables.

La biodégradation d'organismes vivants pour émietter les fientes de volaille peut constituer une méthode pratique pour résoudre le problème du recyclage de ces excréments. Des expériences réalisées à Beltsville (3) utilisaient la mouche domestique (*Musca domestica*) pour transformer les excréta bruts de volaille et pour produire un amendement pour les sols d'une part et un supplément alimentaire très riche en protéines d'autre part. En 1969 déjà, on avait utilisé la mouche domestique pour réduire le taux d'humidité dans le fumier de volaille.

Les notes de recherche ci-après(3) présentent les résultats de ces expériences dont le but était:

- d'établir la concentration optimale en œufs de mouche pour la transformation la plus efficace possible des excréta de volaille;
- de mettre au point une technique pour séparer les pupes du fumier;
- de simplifier la collecte des pupes.

Les premières études ont permis de déterminer le nombre optimal d'œufs de mouche pourensemencer 1 gramme d'excréta frais, la quantité et le poids de pupes produites, la perte de poids du substrat tout au long du développement des larves et la diminution en azote total. Ces recherches ont été menées en utilisant des petites boîtes plastiques de réfrigération contenant 200 grammes d'excréta frais (couche épaisse de 6 à 7 cm environ).

Techniques

Des résultats de ces études préliminaires, il ressort qu'il faut travailler avec de grandes quantités d'excréta et concevoir un appareillage spécial pour séparer les larves du substrat traité. Le

système de séparation le plus efficace se compose de deux boîtes montées l'une au-dessus de l'autre et mesurant chacune 61 x 30,5 x 10 cm. La boîte du dessus est divisée en 3 compartiments; le compartiment central mesure 23 x 56 x 10 cm, les deux latéraux 3 x 56 x 10 cm. Ces derniers constituent des prises d'air permettant la libération d'ammoniac tandis que la partie centrale contient les excréta de volaille. Le plancher de la boîte du dessus est constitué par une toile rigide dont les mailles font 3 mm de côté. La boîte du dessous n'est pas compartimentée mais possède un plateau amovible situé 5 cm au dessus du fond qui est constitué par un plancher solide en bois. Ce plateau est un écran de fibre de verre recouvert d'une couche plastique monté sur un cadre en bois; le maillage est de 1,5 mm de côté.

Les excréta ont donc été disposés dans le compartiment central de la boîte du dessus sur une épaisseur de 6 à 8 cm. Les œufs de mouche y ont été déposés à raison de 3 œufs par gramme d'excréta. L'appareillage a été placé pendant 7 à 8 jours dans une pièce éclairée par un plafonnier 24 heures sur 24; la température de l'air y a été maintenue entre 20 et 30° C. Au cours de cette période, les œufs ont éclos, les larves se sont développées et ont aéré le substrat en y creusant des tunnels.

Après 6 jours, la plupart d'entre elles avaient traversé le plancher de toile pour gagner le plateau de la boîte inférieure. Le but du maintien d'un éclairage continual était d'empêcher les larves de vouloir gagner le haut de la boîte à la recherche d'un site de pupaison. L'écran inférieur était suffisamment lâche pour permettre aux larves de se faufiler au travers et de tomber sur le fond solide pour commencer leur pupaison.

Quelques particules sont passées au travers de la toile de la boîte du dessus, mais très peu sont arrivées à traverser l'écran de la boîte inférieure.

Résultats

Comme indiqué dans les tableaux 17 et 18, les effets du vieillissement des excréta de volaille avec et sans activité des larves de mouche diffèrent en terme de perte de poids et de diminution d'azote. C'est le taux d'ensemencement de 1,5 œuf par gramme d'excréta qui a produit le plus grand nombre de pupes. Le taux de 4,5 œufs par gramme a eu pour résultat une plus grande perte de poids du substrat (humidité) et d'azote mais ce taux a également produit le plus faible pourcentage de pupaison, le plus faible poids moyen des

pupes ainsi que le plus faible poids total de pupes. Si l'on considère l'ensemble des critères, c'est le taux de 3 œufs par gramme qui s'avère optimum, il a donc été retenu.

Tableau 17.- Mouche domestique. Perte de poids et d'azote des excréta (au terme d'une période de croissance de 8 jours) (3)

Œufs de mouche/g d'excréta frais	Perte de poids de l' excréta (%)	Perte d'azote (%)
0.0	47.0	2.71
1.5	49.4	2.09
3.0	55.7	2.04
4.5	58.4	1.88
Excréta frais		5.60

Tableau 18.- Mouche domestique. Pourcentage de pupaison, poids moyen des pupes, poids total des pupes et poids total des pupes et des larves dans des excréta frais de volaille (au terme d'une période

de croissance de 8 jours) (3)

Œufs de mouche/g d'excréta frais	Pupes produites (% du nombre total d'œufs)	Poids moyen des pupes (mg)	Poids total des pupes (g)	Poids total des pupes et des larves (g)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	85.1	16.5	4.23	4.47
3.0	66.4	12.0	4.55	5.54
4.5	44.4	10.0	3.87	6.47

Quel que soit le taux d'ensemencement, au bout de 4 jours d'activité larvaire, l'odeur désagréable des excréta était déjà réduite à un niveau imperceptible. Au bout de 8 jours, les excréta étaient transformés en un matériau friable et inodore. Les études avec de plus grosses quantités d'excréta (4 à 5 kilos) ont produit des résultats semblables à ceux de l'expérience utilisant 200 grammes. De nouveau, la conversion des excréta humides en un matériau

grumeleux à demi séché a été achevée en 8 jours.

Par séchage additionnel et mise en pellets, le déchet organique biodégradé a pu être utilisé comme amendement ou fertilisant. Les pellets mélangés à l'eau se désintègrent rapidement sans libérer l'odeur désagréable produite par les excréta frais. Le deuxième produit secondaire de la biodégradation est un supplément alimentaire protéique sous forme de pupe séchée de mouche. Ces pupes sèches (63,5% de protéines) ont été employées pour remplacer la farine de soja dans l'alimentation des poulets.

3.2.6 Asticots de mouche soldat noire *Hermetia illucens*.

Introduction

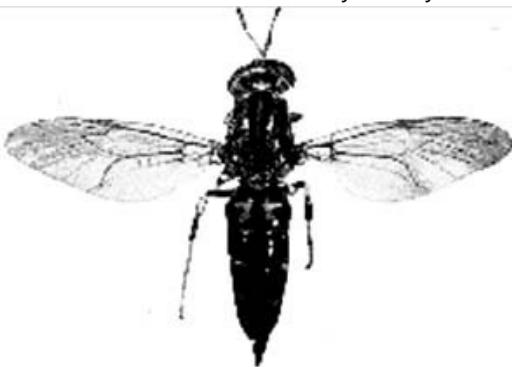


Figure 16. *Hermetia illucens* - Adulte (16)

Les mouches soldats (16) appartiennent à l'ordre des Diptères, famille des Stratiomyides; ce sont de vraies mouches qui souvent ressemblent de façon superficielle à des guêpes, aussi bien par leur apparence que par leur comportement. Cependant, elles ne mordent pas et ne piquent pas. On les distingue des guêpes par le fait qu'elles ne possèdent que deux ailes au lieu de quatre.



Figure 17. *Hermetia illucens* - Larve (16)

Au repos, les ailes sont repliées l'une sur l'autre comme les lames de ciseaux. Les antennes se caractérisent par un long segment terminal qui, lorsqu'il est plié, lui donne une apparence de drapeau. On trouve souvent les mouches adultes sur les fleurs et leur couleur peut varier du noir au jaune en passant par le bleu métallique, le vert ou le pourpre. On dénombre approximativement 1500 espèces de mouches soldats à travers le monde.

La mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) est une mouche de couleur noir bleuté, longue de 2 cm, pourvue de pattes noires et de tarses (pieds) blanc jaune. L'abdomen présente deux zones claires ou transparentes sur sa partie dorsale près du second segment.

Les femelles préfèrent pondre leurs œufs dans les zones les moins humides du fumier. Elles pondent environ 900 œufs en plusieurs chapelets. Les œufs éclosent au bout de 4 jours environ; le cycle se poursuit ensuite par 5 stades larvaires successifs sur une durée de deux semaines ou plus.

On ne connaît pas encore complètement la biologie de ces insectes au stade adulte qui vivent apparemment dans un environnement sauvage. À la différence des mouches domestiques, ils n'entrent que très rarement dans les habitations humaines. L'accouplement est réalisé en vol et les femelles pondent de préférence dans une crevasse sèche proche du milieu choisi pour les larves.

Les larves de mouche soldat tolèrent une large gamme de températures et sont bien adaptées aux tropiques et aux régions tempérées chaudes puisqu'on retrouve cette espèce depuis l'Argentine jusqu'aux zones centrales des États-Unis. Son transport par l'homme a entraîné sa large diffusion depuis 45° de latitude Nord jusqu'à 40° de latitude Sud, incluant l'Australie et la Nouvelle Zélande. La diversité d'habitats des larves est étonnante: on en a récolté sur des fumiers, des fruits et légumes pourris, des sauces relevées et des cadavres d'animaux.

Dans les conditions idéales, les larves deviennent matures au bout de 2 semaines, mais si la nourriture est insuffisante, cette période peut s'étendre à 4 mois. Cette particularité d'extension du stade larvaire en présence d'un manque de nourriture est mise à profit dans la gestion de populations sauvages pour une production à long terme et pour la mise en réserve de larves pour démarrer de nouvelles populations.

Le dernier stade immature est la prépupe, stade pendant lequel l'insecte ne se nourrit plus et ne se déplace pas. La larve de la mouche soldat noire a alors vidé son tube intestinal et a développé un gros corps gras qui fournira l'énergie requise à sa migration et à sa métamorphose en adulte. C'est à ce stade qu'il convient de récolter les larves pour les utiliser dans l'alimentation d'autres espèces animales. Les parties buccales sont transformées à ce stade en une sorte de crochet qui permet à la larve de se déplacer sur une certaine distance et de creuser un trou dans le sol pour réaliser la pupaison. D'habitude, le stade pupal dure 2 semaines, mais il est extrêmement variable et peut s'étendre à 5 mois.

Des études de nutrition et des analyses chimiques de différents aliments comportant des larves de mouches ont prouvé qu'ils étaient

généralement équivalents à la farine de soja.

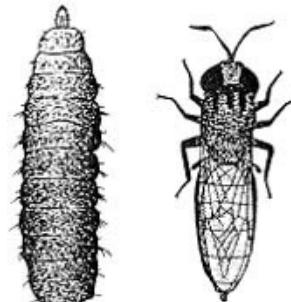


Figure 18. *Hermetia illucens* - Larve et adulte (16)

Les larves de la mouche soldat ont été utilisées en alimentation expérimentale pour différentes espèces animales en remplacement de la farine de soja ou de poisson dans la ration. Ces essais d'alimentation ont concerné des jeunes coqs, des porcs, des poissons chats et des tilapias. Dans toutes ces études, la farine de larve de mouche soldat était un produit de remplacement satisfaisant comme source de protéines et de matières grasses conventionnelles. La séparation de la fraction protéique et de la matière grasse dans la farine de larve aurait cependant permis une formulation plus précise.

Des tests organoleptiques ont également été conduits sur des

poulets nourris avec des larves de mouche. On note une odeur et un goût typiques plus forts pour la viande de poulet nourri avec des larves de mouche; cela peut être intéressant pour certains marchés, et ainsi à Hongkong, les poulets locaux sont plus chers que les poulets américains importés car les consommateurs trouvent que ces derniers manquent de saveur.

Principes de l'élevage

La matière organique en décomposition constitue un habitat naturel pour les larves de nombreux insectes, notamment pour plusieurs espèces de mouches qui trouvent dans les fumiers un substrat effectif d'élevage pour leurs larves. Il est prouvé depuis de nombreuses années que la culture de mouches sur les fumiers réduit la masse de ce dernier et le convertit en protéines de haute qualité. Par conséquent, plusieurs systèmes ont été proposés pour tirer avantage de ces bénéfices tout en minimisant les aspects négatifs.

En exploitation à l'échelle industrielle, les différents systèmes proposés pour l'élevage et la récolte de larves de diverses espèces de mouches impliquent la manutention du fumier depuis le logement des animaux jusqu'aux insectariums, avec un équipement spécial pour la

production et la récolte des insectes. Ces façons de procéder accroissent le coût des opérations.

Si une grande abondance d'insectes participe à la désintégration et au recyclage du fumier, des problèmes d'hygiène et de confort peuvent aussi en résulter si toutes les opérations ne sont pas parfaitement contrôlées. Dans cette problématique du recyclage du fumier, l'utilisation de la mouche soldat noire présente trois avantages: elle élimine la mouche domestique, elle réduit de moitié ou même plus la quantité de fumier, et elle assure une production économiquement intéressante de quantités importantes de nourriture à base de larves(13).

Des populations naturelles de la mouche soldat noire *Hermetia illucens* peuvent être directement élevées sous des batteries d'élevage de volailles. Cette particularité est due à certaines habitudes de cette mouche qui n'est pas un insecte nuisible significatif (spécialement lorsqu'elle est élevée dans le système évoqué ci-dessous) et dont les migrations lors des derniers stages immatures facilitent la collection automatique des larves matures (stade prépupal).

A. Technique avec poules pondeuses en batterie

Le poulailler est modifié par le placement sous les batteries de bacs en béton profonds de 0,40 m environ. Le fond des bacs présente une pente d'environ 2%. De chaque côté du couloir d'alimentation, deux rangées de batteries contiennent 3 poules par cage de 25cm de large. Une paroi des bacs en béton présente une pente d'environ 40 % formant une rampe pour la sortie des larves au stade prépupe.

Les larves sortent instinctivement du substrat où elles se trouvaient, et il devient facile de les récolter. Le fumier va progressivement se transformer et il deviendra aisément d'en évacuer les résidus qui serviront à la fertilisation des champs et des prairies. Il est cependant utile de laisser environ 10% des larves en place pour permettre la formation de pupes et maintenir le cycle complet des mouches.

Le rapport du poids de matière sèche de larves sur le poids de matière sèche du fumier varie de 4 à 7% selon les conditions ambiantes.

La production de larves au stade prépupal élevées à partir du fumier de 460 poules pondeuses a été de 241 kilos pour 8 mois, soit un rendement de 524 grammes de larves par poule.

La population dense de larves de mouches soldats a empêché les mouches domestiques de se reproduire de mai à janvier. Quelques mouches domestiques adultes étaient présentes de manière plus ou moins continue et on suppose qu'elles provenaient d'élevages voisins. Des inspections de routine n'ont révélé aucune larve de mouche domestique pendant l'été et l'automne, saisons au cours desquelles les mouches soldats étaient abondantes. Pratiquement toutes les mouches soldats aperçues étaient des femelles adultes en état de ponte, ce qui n'a causé aucun problème pour les poules pondeuses.

B. Technique avec des porcs sur caillebotis

Le système décrit pour les volailles a été adapté à une porcherie pour porcs à l'engrais sur caillebotis établi au-dessus d'une fosse peu profonde. Des porcs d'environ 18 kilos ont été logés dans la porcherie et commercialisés 100 jours plus tard.

Des populations très importantes de larves de mouche soldat se sont développées en 3 semaines de temps dans les fosses.

La production de larves a varié de 59 à 472 grammes par porc et par semaine, ce qui était encore trop faible pour obtenir une forte

réduction du volume de fumier produit. En fait dans cet élevage de porcs sur caillebotis, les conditions nécessaires à la création d'un habitat optimal pour les larves n'avaient pas été réalisées.

3.2.7 Moucherons (Chironomes)

Introduction

Les «vers rouges» sont les larves de moucherons non piqueurs, appartenant à l'ordre des Diptères, famille des Chironomides, genre *Chironomus*. On en a dénombré plus de 50 espèces à Hongkong. Toutes les larves de chironomes ne sont pas de couleur rouge mais celles qui le sont contiennent de l'hémoglobine.

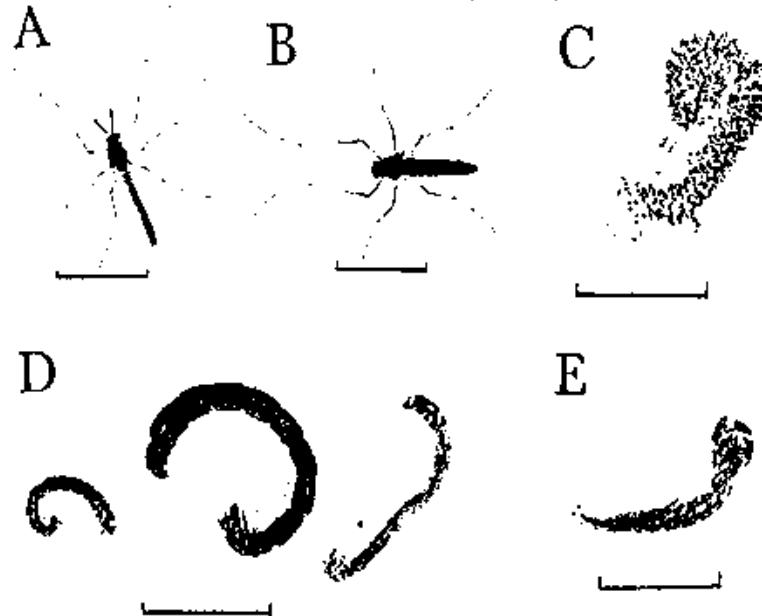


Figure 19. Cycle de vie des chironomes (15)

On peut trouver ces larves dans toutes les eaux dont le fond est boueux; elles se développent en grandes quantités dans les fossés d'écoulement à proximité des brasseries, des distilleries, des raffineries de sucre ainsi que dans les eaux polluées.

Les sites naturels d'élevage diminuent à la suite de l'urbanisation

rapide et de la modernisation du pays. Il faut savoir, en outre, que les approvisionnements en «vers rouges» ont toujours été saisonniers et irréguliers car le développement des larves varie en fonction des fluctuations des précipitations.

Il y a 50 ans, des essais de multiplication des «vers rouges» ont été tentés en laboratoire dans beaucoup de pays mais il est apparu très difficile d'induire l'accouplement et l'essaimage des moucherons chironomes en captivité.

Le cycle de vie des «vers rouges» comprend 4 stades de développement (Figure 19): les œufs (C), les larves (D), les pupes (E) et les moucherons adultes (A) (B). Les œufs sont déposés en une masse enveloppée par une substance mucilagineuse transparente, soit fixée aux plantes aquatiques, soit flottant sur l'eau. Chaque masse d'œufs contient entre 50 et 700 œufs. Dans les conditions tropicales, la période d'incubation varie entre 24 et 48 heures. Les larves qui viennent d'éclorer ne font pas plus de 1 mm de long et elles mesurent de 10 à 15 mm quand elles atteignent le dernier stade de la période larvaire. Chaque larve subit 4 mues avant d'atteindre le stade de pupe. Au bout de deux jours, ces dernières émergent à la surface de l'eau au stade adulte. Les chironomes sont des mouches fragiles

aux pattes grêles, qui ne mesurent pas plus de 5 mm en moyenne et rarement plus de 10 mm. Elles vivent 3 à 5 jours, le temps de s'accoupler et pondre. Les adultes se rencontrent en grands nombres près des étangs, des lacs et cours d'eau parce que les œufs sont déposés dans l'eau et les stades larvaires sont aquatiques.

Description de l'élevage à HongKong

En 1978, Hongkong comptait six millions de poulets et les calculs montraient que sur une production annuelle totale de fumier de volaille estimée à 280.000 tonnes, 30 % étaient recyclés; le reste était déversé dans les rivières avoisinant les élevages et constituait une importante source de pollution. Le recyclage du fumier de volaille consistait à l'utiliser comme aliment pour favoriser la croissance de larves de chironomes (15) dans des champs inondés puisque ces larves étaient ensuite utilisées comme fretin carnivore en aquaculture dans les rizières. Une partie des larves récoltées était aussi commercialisée. L'essentiel de cette pratique repose sur un système raisonné d'élevage de chironomes à des fins commerciales décrit déjà en 1975. Les larves peuvent être conservées dans un endroit frais pendant 2-3 jours. En plus de la satisfaction des besoins locaux, une partie de la production était réfrigérée et exportée par

voie aérienne vers des pays occidentaux, principalement l'Amérique du Nord. Pour rappel, Hongkong est situé à 22°20' de latitude nord et 114°12' de longitude est, au bord de la Mer de Chine et est soumis au régime des moussons.

Technique

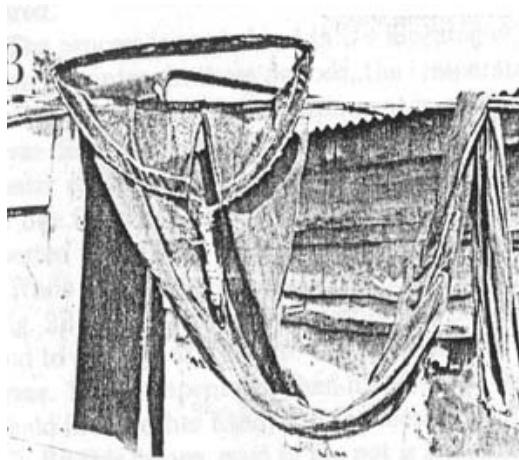


Figure 20. Filet n°1 (15)

Le matériel utilisé à Hongkong comprenait des paniers en bambou pour le transport du fumier de volaille, trois filets différents et un

réervoir métallique. Un cycle complet du travail se définit comme la période nécessitée par les opérations culturales entre deux époques de séchage du champ par les rayons solaires. Ce cycle dure 50-60 jours et implique 3 à 4 récoltes. Les différentes opérations sont décrites ci-après.



Figure 21. Filet n°2 (15)**Préparation du terrain.**

Une rizière possédant une couche de boue profonde de 10-13 cm, peut être convertie en un champ pour l'élevage de larves de chironomes. Tout le pourtour est rehaussé de 30 cm et les mauvaises herbes sont éliminées. Le champ est séché au soleil jusqu'à ce que le sol se craquelle et que la plupart des œufs et les semences des autres espèces présentes soient ainsi tués, ce qui prévient la compétition pour la nourriture et pour l'espace avec les futures larves de chironomes; les prédateurs éventuels sont éliminés par la même occasion.



Figure 22. Filet n°3 (15)

Addition de fumier de volaille

On épand dans le champ sur une surface de 1000 m², 1200-1500 kg de fumier de volaille séché, ce qui correspond à la contenance de 28-35 paniers en bambou; un panier pèse en moyenne 42 kilos. Le

fumier de volaille frais donne les mêmes résultats mais il est plus lourd et plus salissant pour la manipulation. Le champ est alors inondé jusqu'à ce que le niveau de l'eau atteigne une hauteur de 12 cm. Ce niveau doit être maintenu pendant tout le cycle d'élevage.

Au stade suivant, les chironomes toujours présents dans le milieu ambiant commencent spontanément à pondre leurs œufs en chapelets qui s'agglutinent à la végétation des bords du champ. Après 8-10 jours, on trouve les larves de chironomes, longues d'environ 3 mm, en train de nidifier dans la boue.



Figure 23. Epandage de fumier (15)

Une semaine plus tard, un insecticide local léger fabriqué à partir de semences de *Camellia* (famille des Théacées) dont l'agent actif est la saponine ($C_{32}H_{54}O_{18}$) et qui est aussi stimulateur de la croissance des algues vertes, est pulvérisé. Selon l'expérience des exploitants, cette action améliore aussi la croissance des larves. L'*Azolla* (fougère aquatique flottante, famille des Azollacées, caractérisée par une productivité et une teneur en protéines élevées) est retirée à l'aide du filet numéro 1 et sert à alimenter des canards. Les daphnies (ou puces d'eau - genre *Daphnia*: minuscule crustacé d'eau douce appartenant à la classe des Brachiopodes et à l'ordre des Cladocères) sont récoltées à l'aide du filet numéro 3 (mailles de 0,5 mm) et sont utilisées comme aliment pour le fretin. Après la récolte de ces organismes, un tiers du volume de l'eau est éliminé et remplacé par de l'eau fraîche.

Récolte

La récolte des larves commence lorsque la plupart de celles-ci ont atteint une longueur de 1,5 à 2,0 cm, ce qui survient à 25° C de température moyenne de, 20-25 jours après l'épandage du fumier de

volaille. L'opération est réalisée lorsque la différence de température entre l'eau et l'environnement est la plus faible. Ce détail très important doit être respecté car les changements brutaux de température tuent les larves. Habituellement, une personne met 2-3 jours pour récolter une surface de 1000 m².



Figure 24. Récolte des larves (15)

L'opérateur tient le manche du filet numéro 1 (mailles de 1,0 mm)

dans une main et insère l'ouverture du filet perpendiculairement à la boue jusqu'à une profondeur de 2-4 cm. Il progresse ainsi pour récolter la boue et les larves. À intervalles réguliers, l'ouverture du filet et son contenu sont ramenés à la surface de l'eau et le fond du filet est tenu dans une main tandis que toute la partie maillée est secouée dans l'eau. En opérant de la sorte, la vase qui était enfermée dans le filet est presque enlevée complètement et les larves et autres débris contenus dans le filet sont versés dans un réservoir métallique.

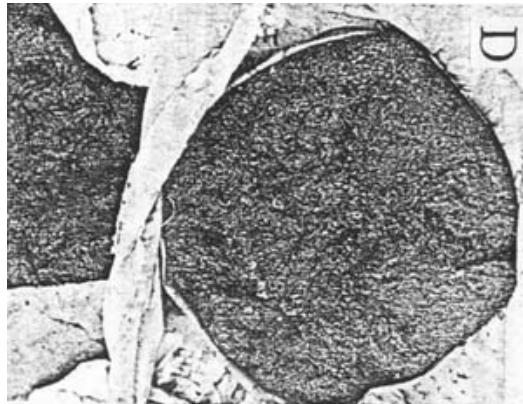


Figure 25. Produit de la récolte (15)

Lorsqu'on a récolté environ 5 kilos de larves, on les place dans le filet

numéro 2 (mailles de 1,5 mm); l'ouverture de celui-ci est fermée et le filet est complètement immergé dans une bassine d'eau. Les larves traverseront les mailles du filet et laisseront les débris derrière elles. Il faut compter environ une heure pour mener à bien cette opération. Le filet numéro 2 et les débris restants sont séparés et les larves dans la bassine d'eau sont récoltées avec le filet numéro 3. On laisse pendre le dernier filet avec ses larves dans un endroit ombragé afin de les égoutter: elles sont alors prêtes pour la vente.

Sous-cycles complémentaires

Lorsque la récolte du champ est terminée, on épand de nouveau environ 200 kilos de fumier de volaille supplémentaires et 10 à 15 jours plus tard, une deuxième moisson peut être opérée. Si elle est bonne, une troisième récolte peut être envisagée en opérant de la même manière que pour la précédente.

Après la 3^{ème} récolte, le champ est asséché et séché au soleil jusqu'à ce que sa surface se craquelle. Un nouveau cycle peut alors prendre place puisque le champ a été régénéré, mais en général une nouvelle culture de riz est organisée.

Résultats

Au cours de la période analysée, la moyenne des températures minimales a été de 15°C, celle des maxima de 30°C. Les données reprises dans le Tableau 19 constituent un exemple type des quantités de fumier ajoutées, de la durée du cycle de production et du poids de larves récoltées dans un champ de 675 m² au cours d'un cycle complet comprenant 3 sous-cycles.

Tableau 19. Consommation de fumier de volaille et poids de larves de chironomes récoltées dans un champ de 675 m² au cours d'un cycle complet. (15)

Sous-cycle	Fumier de volaille ajouté	Temps écoulé entre l'addition de fumier et la récolte (jours)	Poids de larves récoltées (kg)
	Nb de paniers de bambou	Poids (kilos)	
1	25	1060	25
2	5	210	14
			12.5

	C	10	14	42.0
3	4	170	12	36.0
Total	34	1440	51	139.0

La durée du 1^{er} sous-cycle est la plus longue parce qu'il faut attendre le développement complet des larves issues des toutes premières pontes. La durée des deux sous-cycles suivants est abrégée car les larves matures récoltées sont celles qui ont échappé à la récolte précédente. Le poids récolté est généralement plus important au cours de la 1^{ère} moisson puisque plus d'œufs ont été pondus et plus de larves se sont développées compte tenu d'une durée plus grande.

Il arrive parfois que la 2^e ou la 3^e récolte soit plus importante que la 1^e, notamment lorsque suite à l'addition de fumier dans le champ aménagé, un développement important d'adultes de chironomes survient dans les champs voisins.

Les quantités de larves récoltées diminuent au cours des périodes pluvieuses et caractérisées par des température très élevées, car ces

deux conditions ne sont pas favorables au développement des larves.

La rentabilité était alors intéressante car le prix des larves était élevé et le coût de l'opération faible. Une famille de 5 personnes dont 2 adultes peut opérer sur des champs couvrant une superficie totale de 6500-7000 m². Le revenu généré par l'élevage de chironomes supportait, en 1979, avantageusement la comparaison avec une culture de légumes sur la même surface.

Une variante a été imaginée pour élever des larves de chironomes en utilisant du fumier de volaille en bassines dans une serre plastique bien protégée et bien aérée. On a pu récolter un poids total de larves variant entre 250 à 375 g/m² et par semaine.

Ces chiffres sont nettement supérieurs aux 28 grammes/m² et par semaine obtenus par les fermiers de Hongkong. À partir de ces résultats, il apparaît qu'une amélioration des techniques de production pourrait augmenter le poids de larves récoltées. Les deux actions correctives qui permettraient cette amélioration sont la mise en place d'une protection pour les adultes contre les vents violents et une augmentation de la circulation d'eau pour une oxygénation accrue des larves.

On a parfois rapporté que les nuées de chironomes adultes pouvaient causer des désagréments et des allergies à certaines personnes, mais en réalité relativement peu d'adultes sont présents sur le champ aménagé pour l'élevage des larves de chironomes. Il n'y a en fait aucun danger pendant la récolte sur le champ étant donné que les larves n'ont aucune importance du point de vue médical, que les pièces buccales de l'adulte sont réduites et que la femelle n'est pas hématophage. De plus, la quantité de moustiques piqueurs ne semble pas s'accroître parce que les caractéristiques de l'eau du champ réservé à l'élevage des larves de chironomes ne permettent pas aux larves d'autres espèces de survivre et de se développer.

Outre le fumier de volaille, l'élevage de larves de chironomes pourrait recourir à d'autres formes de déchets de l'élevage comme le fumier de porc. On a aussi réussi l'élevage de *Camptochironomus tentans* dans des viviers expérimentaux sur un substrat à base de fumier de mouton, de superphosphate et de farine de soja.

L'expérience de Hongkong montre que non seulement l'élevage de larves de chironomes procure des revenus substantiels et qu'il accroît de manière indirecte la production de nourriture mais encore qu'il procure une méthode simple et efficace pour recycler le fumier

de volaille et probablement d'autres déchets de l'élevage. Il pourrait en outre contribuer à alléger les problèmes de pollution.

Actuellement, l'élevage de chironomes sur rizières après récolte du riz n'existe plus à Hongkong, notamment par suite des besoins de la ville en terrains à bâtir et par le coût de la main d'œuvre dans cette communauté urbaine ultra-moderne.. Il semble cependant que cette technique se soit maintenue en Chine, où les conditions de production sont très différentes dans un milieu écologique fort similaire. Finalement, ce genre d'expérience pourrait être aussi tenté dans d'autres pays tropicaux au vu des nombreuses possibilités offertes.

3.2.8 Asticots de mouches tout venant

Au cours de ces dernières années, souvent à l'initiative de BEDIM, l'intérêt des asticots pour améliorer les performances des animaux domestiques classiques s'est manifesté dans divers pays (Burkina Faso, Cameroun, Congo, Togo,...) par des essais simples sur le terrain. Dans tous les cas, il s'agissait de préparer des techniques d'élevage susceptibles d'être appliquées au niveau villageois. Partant du principe que les larves de mouches représentent une source

intéressante de protéines animales digestibles alors que les nymphes (pupes) sont surtout constituées de matières azotées peu digestibles, il importait de déterminer la fourchette de jours recommandables pour obtenir le maximum de larves et le minimum de pupes.

Les substrats sur lesquels les mouches pondent dans la nature sont très variés, mais il s'agit pratiquement toujours de matières organiques plus ou moins décomposées. Le choix semblait donc large, et la logique recommandait de recourir à un produit disponible toute l'année, de préférence gratuitement. Il peut s'agir de litières d'animaux, de drèches de bière artisanale, de résidus de cuisine, d'ordures urbaines,..voire, si les conditions locales le permettent, de contenus de rumen ou de sang provenant d'abattoirs ou tueries. Tous ces substrats conviennent.

La méthode de production des asticots est simple et ne nécessite aucun investissement important. Elle consiste à placer chaque jour dans un récipient une quantité déterminée du substrat, puis à placer ce récipient pendant toute la journée à l'air libre mais à l'abri du soleil et des pluies. La formule la plus économique est sans doute celle de petits seaux à anse qui, une fois remplis, sont suspendus

sous les parties débordantes d'un toit. Dès le coucher du soleil, le seau rempli tôt le matin est couvert d'une toile moustiquaire bien fixée dans le but d'empêcher toute nouvelle ponte dans ce seau. Chaque jour, un nouveau seau est rempli, protégé et suspendu. Il suffit alors d'attendre le nombre de jours correspondant à l'obtention du maximum d'asticots et du minimum (ou de l'absence) de pupes. Une fois cette période écoulée, il suffit de décrocher le seau et de le vider à proximité des poules, pintades ou autres oiseaux qui viendront prélever directement les asticots mobiles. La durée de cette période est normalement de quelques jours, et presque toujours de moins d'une semaine en pays tropicaux; elle est aisément déterminée par un premier cycle de mise au point.

Si cette durée est par exemple de 4 jours, le premier seau rempli le premier jour est vidé le 4^e ou le 5^e jour et peut donc être réemployé avec une nouvelle dose de substrat.

Un essai de production d'asticots a été réalisé au Burkina Faso et a fait l'objet d'un rapport de stage en 1992 (17).

Les différents milieux de production testés au Burkina Faso étaient des combinaisons à base de: contenu du tube digestif de ruminants,

litière de porc, sang, drêche artisanale, drêche de brasserie et son.

Les milieux nutritifs bien mélangés étaient déposés dans des trous de 2,0 x 0,5 x 0,2m, arrosés 2 fois/jour et couverts de paille ou de tôle. La récolte s'effectuait au bout de 4-5 jours selon le milieu: les asticots migrent déjà vers la périphérie ou le fond du trou et un jour plus tard, ils se recouvrent d'une coque rouge (pupe). Le substrat est ensuite étalé sur des sacs en jute posés sur des tôles ou des bassins mis au soleil pour provoquer une migration spontanée des asticots à travers les sacs.

Les résultats n'ont pas été quantifiés; les substrats basés sur le contenu de tube digestif additionné de drèches se sont révélés intéressants, parmi quelques autres combinaisons.

Plus récemment (1998), deux essais (9) ont été menés au Centre National de Formation Zootechnique et Vétérinaire de Maroua (Cameroun) en vue de fournir des données concernant la production et l'utilisation contrôlée d'asticots pour l'alimentation des volailles en exploitation villageoise.

Le substrat est constitué de contenu du rumen frais disposé dans des

sacs en plastique de 27 cm de large sur 30 cm de long. Chaque sac en contient 2 kg.

Les premiers résultats montrent clairement que les larves atteignent leur taille maximale au bout de 4 à 5 jours, l'influence de la température jouant ici un rôle prépondérant. Sur le plan quantitatif, on a récolté au bout de 3 jours une moyenne de 2.746 larves par sac correspondant à un poids moyen de 60,83 g. Du point de vue comportement alimentaire, les volailles marquent leur préférence pour les asticots en premier lieu, pour les pupes ensuite.

Les mouche identifiées au Cameroun étaient des *Musca domestica*. Le choix du support du substrat joue un rôle prépondérant en ce sens que des surfaces de contact plus grandes pour déposer plus d'œufs permettront d'augmenter la quantité de larves produites. Le temps de mise à disposition du substrat pour la ponte est également important mais ne pourra être allongé que dans certaines limites si on veut obtenir une production homogène de larves.

3.2.9 Papillons

Introduction

Les nombreuses utilisations de lépidoptères d'élevage ont été examinées précédemment, et des indications ont déjà été fournies concernant le commerce et la nécessité d'une préservation des papillons. C'est probablement en Papouasie Nouvelle Guinée que cette question est la mieux abordée, par le biais d'encouragement officiel pour l'élevage de papillons combiné avec un contrôle strict à l'exportation.

L'élevage de papillons en Papouasie Nouvelle Guinée



Figure 26. Porte queue - *Graphium weiskei* (5)

Les régions éloignées de la capitale en Papouasie Nouvelle Guinée bénéficient de l'intérêt officiel croissant pour les insectes tropicaux, et plusieurs centaines de villageois élèvent ou récoltent des papillons, des coléoptères et autres insectes pour l'exportation(2). Le Gouvernement de Papouasie Nouvelle Guinée considère les insectes comme une ressource nationale et a intégré l'élevage des papillons dans la politique officielle de développement économique villageois de la nation.

Les bénéficiaires de cette méthode originale de développement, telle que l'a définie le Gouvernement, sont essentiellement les habitants des villages forestiers éloignés, dépourvus en général de revenus monétaires et qui sont invités à mettre en valeur les ressources naturelles environnantes. Ils sont aidés pour cela par des vulgarisateurs et des scientifiques qui les conseillent pour élever, produire, récolter et expédier leurs insectes sans détruire leur environnement. Les résultats des premières études d'impact ont déjà montré que, loin de s'altérer, la flore forestière et herbacée s'est enrichie, et que la faune entomologique reste égale à elle-même ou s'améliore même.

Deux autres conditions étaient cependant essentielles pour la

réussite; elles sont réunies en Papouasie Nouvelle Guinée. La première est l'existence d'un service postal très régulier et fiable. La seconde condition repose sur un contrôle implacable et total par les autorités (douane, environnement, service vétérinaire,...) de toutes les exportations d'animaux vivants ou morts ou de leurs produits.

Une Agence d'Elevage et de Commerce d'Insectes a été créée pour réglementer les détails de cette affaire commerciale, garantir les caractéristiques scientifiques (genre, espèce, sexe, lieu et date de capture) des produits exportés, payer les éleveurs de papillons et vérifier la valeur esthétique des insectes vendus. La Papouasie Nouvelle Guinée est, jusqu'à présent, le seul pays à spécifier la préservation des insectes en tant qu'objectif dans sa constitution nationale.

La recherche botanique est la pierre angulaire du programme d'élevage de papillons en Papouasie Nouvelle Guinée. Les botanistes et écologistes locaux ont identifié les plantes que les différentes espèces de papillons utilisent au cours de leur cycle de vie. Les éleveurs de papillons bâtissent alors leur élevage en nettoyant de petites superficies de terre et en y plantant des espèces feuillues pour les larves ainsi que les plantes productrices de nectar qui

serviront à alimenter les papillons adultes. Cette combinaison fournit un habitat complet où les papillons trouvent tout ce qu'il leur faut pour croître et se reproduire. C'est pourquoi, la plupart restent sur place et l'éleveur n'a pas besoin de murs ou d'enceintes pour retenir ses animaux. L'élevage de papillons repose donc sur le développement de jardins floraux pour ces insectes.

Les limites de la ferme sont souvent constituées de haies d'hibiscus et/ou de bougainvilliers qui attirent les papillons adultes dont les pièces buccales sont adaptées à la récolte du nectar de leurs fleurs. À l'intérieur, on trouve des plantes feuillues, telles la «pipe du Hollandais» (*Aristolochia tagala*) sur laquelle s'alimentent les chenilles de plusieurs papillons ornithoptères.

En variant les espèces de plantes, l'éleveur peut retenir des colonies d'espèces différentes de papillons. À cause de la prolifcité de ces insectes, quelques éleveurs commencent à avoir des problèmes de surpeuplement et doivent faire passer les larves d'une plante à une autre tout comme on fait passer du bétail d'une parcelle à une autre en cas de surpâturage.

Développement économique

Le programme de cette Agence d'Élevage et de Commerce d'Insectes a débuté en 1974 avec moins de 30 villageois issus de 2 provinces. En 1978, plus de 500 villageois de 10 provinces pratiquaient l'élevage ou la récolte de papillons pour l'exportation. Depuis lors, l'affaire a réalisé une croissance annuelle de 40 %. Les prix payés par les revendeurs en Europe, en Amérique du Nord et au Japon varient entre US\$ 0,30 pour les individus des espèces communes et US\$ 10 pour les deux espèces d'ornithoptères dont l'exportation est autorisée. Un spécimen d'une espèce plus rare (par exemple, une femelle du Porte-queue mauve *Graphium weiskei*, Papilionide) peut rapporter US\$ 50.

Préservation des espèces et du milieu

La destruction de l'environnement est le danger le plus grand pour la préservation des papillons. Lorsque l'environnement change, les animaux doivent s'adapter, ou partir ou disparaître. Habituellement ils disparaissent, car les habitats de rechange sont souvent soit déjà occupés soit trop distants.



Figure 27. *Ornithoptera priamus* (5)

On estime que la moitié de la population mondiale des papillons doit faire face à une menace qui provient du développement des hommes. De la Grande-Bretagne au Bhutan, les habitats des insectes sont en état de siège. En Europe, probablement le tiers de toutes les espèces de papillons sont menacées, principalement à cause de la diminution de la variété de leur environnement. En Californie, une demi-douzaine d'espèces de papillons côtiers ont disparu depuis l'année 1860 et le même nombre y est actuellement en danger d'extinction.

À Madagascar et au Rwanda, les Porte-queues et quelques espèces

qu'on ne rencontre nulle part ailleurs sont sacrifiés au profit de la déforestation. Les pertes ne sont pas purement esthétiques: les papillons opèrent la pollinisation des fleurs des cultures et, en tant que maillon important de la chaîne alimentaire, ils sont un indicateur sensible de la santé écologique.

Un caractère pertinent du programme d'élevage des papillons en Papouasie Nouvelle Guinée est qu'il a été conçu pour préserver et accroître les espèces qui doivent être commercialisées. C'est un effort de pionnier qui a été avalisé par le Groupe de Spécialistes des Lépidoptères de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles. Le programme aide à soulager la pression exercée sur des populations en danger parce que pour réussir leur élevage de papillons, les villageois doivent maintenir et même développer une population sauvage en bonne santé sur ou près de leurs terres.

L'élevage d'insectes aide également à préserver l'environnement parce qu'il laisse la plus grande partie des terres intactes et qu'il procure aux paysans une source de revenu sans avoir à défricher la forêt comme ils devraient le faire pour l'exploitation du bois ou pour la culture du café, du cacao ou du palmier à huile. L'existence du

projet d'élevage de papillons a servi à focaliser l'attention sur la situation de toutes les espèces de papillons. En 1968, il avait conduit à l'établissement d'une loi interdisant la capture de spécimens appartenant à l'une des sept espèces d'ornithoptères menacées d'extinction en Papouasie Nouvelle Guinée. Ces grandes créatures, brillamment colorées, peuvent rapporter chacune US\$ 1.000 sur le marché international, mais une lourde amende pénalise toute personne qui en posséderait un seul exemplaire, même en Nouvelle Guinée.

L'enrichissement de l'environnement avec des plantes nourricières pour papillons (notamment *Aristolochia tagala*) a largement contribué au développement de deux espèces communes de Papilionides ornithoptères, l'*Ornithoptera priamus* et *Troides oblongomaculatus*. Actuellement, le pays relève le défi de développer les sept espèces protégées d'ornithoptères en voie de disparition dont le commerce est interdit. L'équipe d'un projet de développement a déjà trouvé que les plants de l'aristoloche pouvaient servir de support aux larves d'au moins une de ces espèces rares (*Ornithoptera victoriae*). Le nombre de sites et leur localisation sont actuellement en cours de détermination pour développer les populations de cette espèce géante en danger.

En 1997, le Gouvernement australien a lancé un projet ambitieux destiné uniquement à augmenter la protection et à tenter de mettre au point des méthodes susceptibles de maîtriser le cycle complet d'*Ornithoptera alexandrae*. Ce très joli papillon à longue queue, dont l'envergure peut atteindre 28 cm, est devenu extrêmement rare tant il a été demandé par des collectionneurs dans le monde entier. Il est actuellement totalement protégé. Les premiers résultats récoltés au fond de certaines forêts de Papouasie Nouvelle Guinée semblent montrer que des zones jusqu'ici insoupçonnées existent où ce papillon vit encore sans y avoir été perturbé.

3.2.9.1 Principes de l'élevage

Au départ, l'élevage de papillons est un défi écologique et économique. Il faut d'abord observer, identifier et propager les plantes que les diverses espèces utiliseront comme nourriture. Le succès pour les éleveurs de papillons repose sur le choix des espèces commercialement attractives. Malheureusement, les détails écologiques des cycles de vie de la plupart de ces espèces ne sont que rarement entièrement connus. L'apprenti éleveur dépendra essentiellement des expériences et découvertes qu'il développera par lui-même et il devra dans un premier temps asseoir ces informations.

Beaucoup d'espèces convoitées sont originaires des forêts primaires tropicales et demandent une protection vu le rythme de destruction auquel est soumis actuellement leur habitat.

Tout programme désireux de développer l'élevage de papillons et autres insectes doit éviter la surexploitation des espèces les plus rares, interdites à l'exportation, et/ou plus lentes à se reproduire; il faut les élever précautionneusement en veillant à relâcher un pourcentage élevé d'adultes. Il est nécessaire ensuite de développer une protection adéquate de l'habitat Il pourrait s'établir une compétition entre des exportations de papillons vivants et des productions à l'étranger à partir de chrysalides importées, mais en général, les papillons sont plus faciles à élever dans leur habitat d'origine.

Historique et politique gouvernementale de la Papouasie Nouvelle Guinée

Au début du siècle, peu après que les Européens aient découvert la remarquable faune d'insectes de Nouvelle Guinée, les collectionneurs commencèrent à arriver et ils n'ont jamais cessé depuis lors. Beaucoup de collectionneurs étaient des scientifiques amateurs ou

professionnels réputés, rassemblant de modestes quantités de spécimens pour l'étude et pour les musées, y compris la propre collection nationale de Papouasie Nouvelle Guinée. D'autres cependant se comportaient en pillards, exportant de grosses quantités de papillons rares, et ne donnant que peu ou pas de compensation aux autochtones tout en ne manifestant aucun intérêt pour la survie des espèces. En 1966, le Gouvernement de Papouasie Nouvelle Guinée répondit à cette exploitation excessive en désignant comme protégées sept espèces de papillons Papilionides ornithoptères fort recherchées: *Ornithoptera alexandrae*, *Ornithoptera allotei*, *Ornithoptera chimaera*, *Ornithoptera goliath*, *Ornithoptera meridionalis*, *Ornithoptera paradisea* et *Ornithoptera victoriae*. Des mesures sévères furent mises en place pour stopper le commerce du marché noir: amendes pour les nationaux et expulsion du territoire pour les expatriés. À la fin des années 60 et au début de l'année 1970, la collecte des autres espèces à des fins commerciales continuait de manière sporadique et non contrôlée. Les revendeurs expatriés rétribuaient leurs fournisseurs locaux chichement (quelques cents) et revendaient les spécimens en Europe et au Japon pour plusieurs centaines de dollars.

L'Agence d'Élevage et de Commerce d'Insectes

Lorsque la Papouasie Nouvelle Guinée obtint son indépendance en 1975, le nouveau gouvernement décréta que seuls les nationaux pouvaient profiter de la ressource que constituaient les papillons du pays. Depuis cette époque, seuls les autochtones ont pu exporter à des fins lucratives des spécimens de papillons non protégés. Les visiteurs et résidents étrangers peuvent toutefois collectionner les papillons pour leur propre plaisir et pour étude, mais une licence d'exportation est requise ainsi qu'une déclaration que les spécimens ne seront pas vendus. Le permis peut être obtenu immédiatement mais il y a un minimum de démarches administratives. L'exportation d'insectes vivants n'est pas autorisée: c'est une forme de protection commerciale pour s'assurer que des élevages des espèces nationales ne démarrent pas ailleurs.

Une Agence commerciale (Insect Farming and Trading Agency, IFTA)⁽¹⁾ fut créée par le Gouvernement en 1978 pour garantir aux éleveurs et chasseurs de papillons locaux des prix honnêtes et une stabilisation des ventes. Ses objectifs étaient de protéger cette ressource, de stimuler l'élevage de papillons et d'assurer un produit d'exportation de haute qualité. L'Agence assure donc aux autochtones des prix honnêtes et fixes, maintient un contrôle de la qualité et s'assure que les données exactes accompagnent tous les

spécimens exportés. Elle centralise les insectes en provenance de diverses régions et satisfait les grosses commandes de l'extérieur. Sur 100 papillons exportés, 30 proviennent d'élevages et 70 sont capturés dans la nature mais plus de 50 % du revenu est constitué par les papillons d'élevage à cause de leur meilleure qualité.

Contrôle de qualité

L'Agence s'efforce de ne vendre que des insectes de haute qualité; beaucoup de spécimens sont vendus sous des noms de sous-espèce et le travail d'identification et d'appellation requiert beaucoup d'habileté. Le personnel de l'Agence a été formé et entraîné pour cela. Dans la plupart des cas, la zone d'origine, particulièrement dans le cas des îles, définit même la sous-espèce concernée. Les données de provenance qui consistent généralement en: nom du village, province, mois et année de récolte ou de naissance, sont notées sur toutes les enveloppes de papillons avant qu'elles ne soient centralisées à l'Agence. L'Agence emmagasine les collections par espèce, dans de simples boîtes en bois qui sont conservées dans des tiroirs éclairés par le bas (afin de tenir éloignés les insectes nuisibles, chauffer les tiroirs et prévenir les moisissures).

Commercialisation

L'Agence prépare les commandes et les expédie aux clients «de confiance» (avec le permis d'exportation en bonne et due forme). Bien que cette façon de faire ne soit pas exempte de risques, la plupart des acheteurs paient rapidement et le système est facile et commode. Les fichiers de tous les fournisseurs, clients et espèces en stock sont tenus à jour. L'Agence ne peut en général satisfaire que 10 % ou moins des commandes qui parfois sont trop petites ou trop spécialisées. Parfois, l'Agence ne dispose pas des spécimens en stock comme par exemple dans le cas d'une requête pour toutes les sous-espèces d'un papillon donné. Enfin, l'Agence ne dispose ni du personnel ni de l'espace nécessaire pour satisfaire toutes les demandes dans une branche où le volume des affaires double presque tous les deux ans.

Vulgarisation

Les agents de vulgarisation de la vie sauvage visitent périodiquement leurs éleveurs et prospectent de nouveaux villages pour soutenir ou susciter l'enthousiasme pour l'élevage d'insectes. Ils expliquent et démontrent les techniques de capture et d'élevage de papillons et

apprennent aux éleveurs potentiels comment identifier une espèce qui a de la valeur dans chacun des stades de son cycle de vie. Par dessus tout, ils montrent comment on prépare des spécimens pour la vente. Il est souvent difficile en effet de convaincre les futurs éleveurs de la nécessité de manipuler les spécimens avec un soin extrême et beaucoup d'éleveurs inexpérimentés envoient des spécimens froissés ou endommagés de manière irréversible. Sur un total de 500 éleveurs, 50 environ envoient régulièrement du matériel en bon état. Il est nécessaire aussi de suivre l'installation et l'exploitation de jardins floraux.

Ces contacts sont aussi importants parce que les éleveurs de papillons se découragent facilement si on ne manifeste pas d'intérêt pour leur travail. À l'intérieur des terres de la Papouasie Nouvelle Guinée, les gens ont rarement besoin d'argent liquide; ils peuvent obtenir toute leur nourriture, leur habillement, leur habitation et leurs ressources à partir de leurs jardins ou de la brousse. L'argent qu'ils reçoivent à l'occasion d'un envoi ne sera dès lors pas dépensé rapidement et l'équipe du projet aura difficile de soutenir leur intérêt pour de nouveaux envois réguliers. Les agents de vulgarisation ont initié des projets d'élevage de papillons au niveau des écoles primaires, secondaires et professionnelles. Ils y ont obtenu plus de

succès. Plusieurs écoles professionnelles apprennent aussi aux élèves comment épingle des papillons et des coléoptères qui seront vendus comme souvenirs pour les touristes, ainsi que le montage de boîtes pour l'éclosion et de séchoirs solaires. De belles boîtes en bois pour les collections de papillons ont également été fabriquées par des jeunes âgés de dix à douze ans.

Recherche et suivi

L'Agence ne se contente pas d'apprendre aux autochtones les méthodes de collecte et d'élevage d'insectes; elle s'efforce de promouvoir la recherche pour préserver les espèces et pour les rendre quantitativement disponibles. L'opération de plantation d'*Aristolochia tagala* pour l'élevage de papillons communs ornithoptères a été couronnée de succès.

L'équipe de l'Agence comprend notamment un écogiste, ce qui démontre l'importance que ce projet attache à une base scientifique pour la préservation des espèces et du milieu. Celui-ci a pour tâches de mener des recherches sur les cycles de vie, les méthodes d'élevage et les mesures de gestion des espèces rares. L'équipe de l'Agence est occupée à identifier de nouvelles plantes nourricières

qui permettront l'élevage de plus d'espèces.

La recherche sur les cycles de vie de beaucoup de papillons présentant un intérêt commercial est bien engagée, de sorte qu'un nombre croissant d'espèces pourront être élevées dans un proche avenir et au stade ex-pupe en parfaite condition. Les origines de tous les spécimens reçus par l'agence sont cartographiées de sorte que l'aire de distribution et le caractère rare ou abondant d'une espèce peut être évalué: des mesures de préservation sont alors prises là où elles apparaissent nécessaires. De cette manière, même les insectes qui sont trop abîmés pour la vente participent aux efforts de préservation. Tous les spécimens présentant un intérêt scientifique inhabituel entrent dans la collection nationale d'insectes pour étude ultérieure.

3.2.9.2 Techniques

Etablir la ferme

La clé de l'élevage des papillons (1) réside dans l'établissement d'un jardin de plantes dont les différentes espèces d'insectes auront besoin pour boucler leur cycle de vie. La superficie d'une ferme

idéale est d'environ 0,2 ha, ce qui est suffisamment grand pour cultiver les plantes dont se nourriront les adultes et les larves, et suffisamment petit pour conserver les plantes bien arrosées, nettoyées, pincées et, d'une manière générale, bien cultivées. Une ferme de ce type peut contenir environ 500 pieds d'aristoloche que l'on fait pousser comme des plants de haricots sur des poteaux ou des arbres d'ombrage.

Il est important de ceinturer le site avec une haie épaisse d'hibiscus, de bougainvillées, d'ixora («Flamme des forêts», famille des Rubiacées), de poinsettia («Étoiles de Noël», famille des Euphorbiacées), ou d'autres plantes productrices de nectar dont les fleurs attireront les papillons adultes et les inciteront à rester sur place. Cette haie protégera également la plantation contre les incursions des porcs et autres animaux d'élevage qui pourraient abîmer les plantes feuillues.

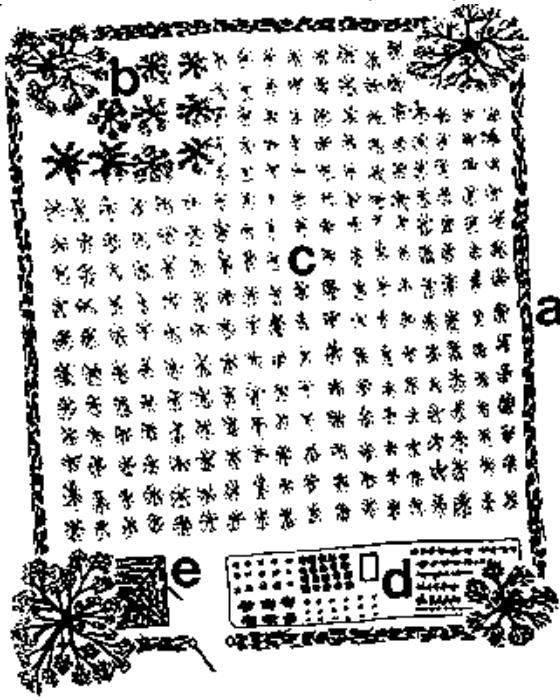


Figure 28. Schéma de ferme d'élevage de papillons (1)

Une bonne façon de démarrer un élevage est de l'établir dans un potager. Les éleveurs de papillons en Papouasie Nouvelle Guinée plantent souvent des pieds d'*Aristolochia* pour papillons entre leurs rangs de patates douces ou de taro.

Normalement, chaque espèce de papillon a une préférence pour une plante nourricière de ses futures larves. Après l'accouplement, la femelle recherche cette plante et y dépose ses œufs. Les œufs éclosent au bout de quelques jours et la jeune chenille mange habituellement sa propre coquille puis commencent à s'alimenter des feuilles les plus tendres de la plante nourricière.

La récolte

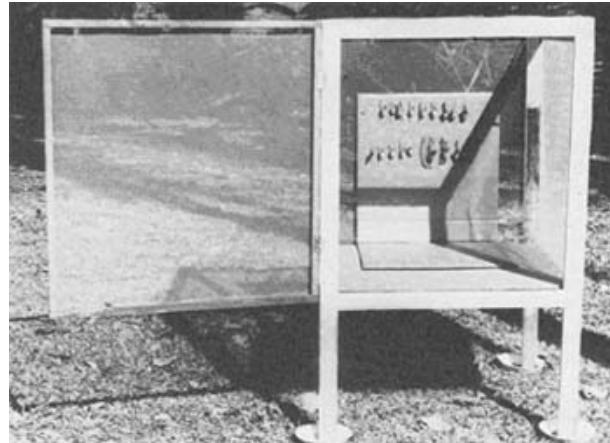


Figure 29. Cage de récolte (1)

Une fois l'élevage bien établi, les chrysalides, fixées sur la plante,

peuvent être récoltées quotidiennement. Idéalement, il faut en relâcher ou en laisser la moitié sur place. Les chrysalides qui sont hors d'atteinte (trop hautes) sont laissées pour le repeuplement de l'élevage. D'autres sont abandonnées parce qu'elles ne sont pas tout à fait parfaites. L'éleveur peut savoir avec 24 heures d'avance que l'adulte sortira de la chrysalide: la couleur de la chrysalide devient plus foncée au fur et à mesure que les couleurs des ailes et du corps de l'adulte se développent. Il récolte alors la tige ou la feuille sur laquelle la chrysalide est fixée mais il ne touche pas à la chrysalide pour ne pas l'abîmer.



Figure 30. Table de séchage (1)

Il épingle le fragment de plante sur un tableau ou la place dans un filet ou dans une petite cage. Souvent, les chrysalides sont conservées à l'intérieur d'un bâtiment pour être protégées contre les maladies et les prédateurs. Certains éleveurs par contre les gardent à l'air libre, espérant être capables de récolter les adultes avant qu'ils ne s'envolent.

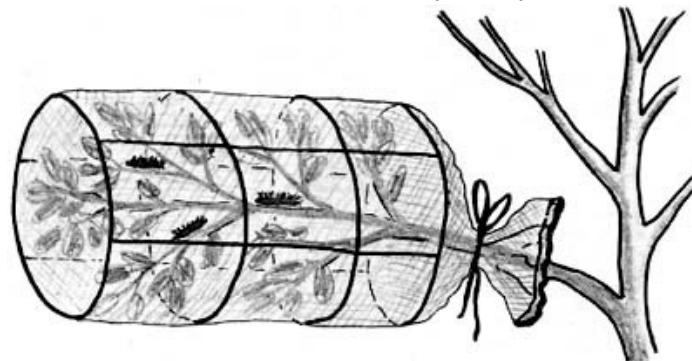


Figure 31. Manchon protecteur (1)

Il faut prendre soin de protéger les spécimens contre les fourmis et les rats. Les pieds de cage sont par exemple placés dans des récipients remplis d'eau pour empêcher les fourmis de les escalader.

Les chrysalides sont humectées d'eau 2 à 3 fois par semaine pour accélérer le processus d'éclosion et pour les empêcher de se dessécher. La vaporisation doit cependant être légère, sinon la chrysalide risque de développer des moisissures.

Il vaut mieux conserver les chrysalides dans un endroit ombragé et protégé des vents de sorte que les papillons adultes restent calmes après leur éclosion et ne battent ni n'endommagent leurs ailes.

Une autre formule existe pour valoriser les papillons. Elle est basée sur la vente internationale et l'expédition de chrysalides vivantes depuis les pays où l'espèce concernée est indigène vers des pays où une demande existe pour peupler des sites fermés ou «serres à papillons», avec des individus adultes. Plus de détails sont fournis à la rubrique traitant des parcs à papillons.

Le traitement



Figure 32. Injection d'éthyl acétate (1)

Quand le nouveau papillon a complètement séché ses ailes, s'il s'agit d'un grand individu, on le saisit délicatement par le thorax et on lui injecte une petite quantité d'éthyl acétate ou d'eau bouillante. Par contre, les petits papillons s'abîment très facilement si on les manipule et c'est pourquoi on les place pendant une dizaine de minutes dans un bocal au fond duquel un tampon d'ouate a été imprégné d'éthyl acétate. Une couche de carton est placée au-dessus du coton de sorte que les papillons ne sont pas ternis par le solvant.

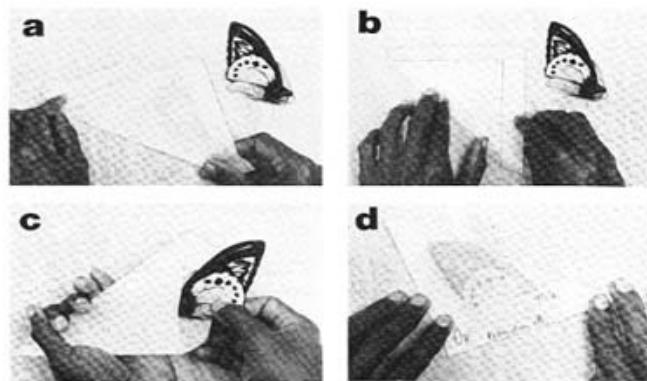


Figure 33. Conditionnement pour expédition (1)

L'éleveur place ensuite les papillons morts dans des enveloppes de

papier en prenant constamment soin de ne pas toucher ou endommager les ailes.

Les enveloppes sont facilement fabriquées à partir de papier à l'épreuve de la graisse que l'Agence fournit sur demande. Pour être sûr que les papillons ne moisissent pas, on les place sur un plateau couvert de plastique noir et ils sont séchés au soleil, dans leurs enveloppes, pendant environ quatre jours.

Pendant cette période, ils sont protégés de leurs ennemis telles les fourmis, et les plateaux qui servent de séchoir sont recouverts d'un écran de façon à empêcher les enveloppes de s'envoler ou d'être mouillées par la pluie.

Une fois complètement séchés, les insectes, toujours dans leurs enveloppes, sont stockés dans des boîtes, de préférence perforées, de façon à prévenir la condensation et la moisissure. Lorsque suffisamment de spécimens ont été récoltés, l'éleveur les conditionne précautionneusement dans de solides boîtes de carton (que lui fournit également l'Agence) dans lesquelles les enveloppes sont déposées sur de l'ouate ou du kapok. Quelques cristaux de naphtalène sont ajoutés pour tenir éloignés les insectes nuisibles, et

la boîte bien emballée est envoyée à l'Agence par la poste. Il est bon de savoir qu'en Papouasie Nouvelle Guinée, les services de la poste sont réguliers et très fiables.

3.2.9.3 Résultats

À ce stade, l'importance de l' activité pionnière réalisée en Papouasie Nouvelle Guinée concernant un véritable élevage contrôlé de papillons ne réside pas dans sa taille mais dans les nouvelles perspectives qu'elle ouvre pour l'exploitation des ressources naturelles tropicales.

Développement villageois.

Au travers de l'élevage de papillons, la Papouasie Nouvelle Guinée est en train de démontrer que les ressources de la vie sauvage locale peuvent contribuer au développement économique et que l'élevage d'animaux indigènes, même s'il s'agit d'invertébrés, peut s'intégrer harmonieusement à la vie villageoise traditionnelle.

Procurer de l'emploi dans les zones rurales est un problème majeur des pays en voie de développement et dans un sens, les papillons constituent un élevage «approprié», particulièrement pour les zones

reculées des tropiques où les autres activités génératrices de revenus sont difficiles à établir, ou alors vont à l'encontre des styles de vie traditionnels et risquent de détruire un environnement fragile. Les papillons peuvent sembler des animaux d'élevage inhabituels, mais pour les villageois de la forêt de Papouasie Nouvelle Guinée, c'est le bétail qui paraît exotique. Les villageois vivent en contact étroit avec leurs insectes locaux; ils connaissent parfaitement les endroits où on trouve les papillons, leur comportement, leurs habitudes, leur cycle de vie et les aliments que consomment les chenilles. L'élevage de papillons s'affirme comme une affaire à laquelle les villageois s'adaptent rapidement. Il n'y a aucun besoin d'équipement ou de financement tels qu'on les connaît pour un élevage conventionnel, et le seul capital requis est celui qui est nécessaire pour les frais d'envoi du premier contingent de spécimens. L'élevage d'insectes permet aux gens de participer à une économie de rente sans causer de bouleversements dans la vie villageoise traditionnelle. Les villageois peuvent travailler longtemps et de manière intensive s'ils le désirent, ou alors ils peuvent allouer à cette activité juste le temps nécessaire pour produire un peu d'argent pour leurs besoins et réservé le reste du temps pour l'agriculture et les autres activités du village.

Préservation de l'environnement.

On dit souvent que le développement économique est nécessairement destructif pour l'environnement et se fait au détriment de la préservation en ce sens que, au fur et à mesure que les sociétés rurales se développent, leur environnement naturel doit en souffrir. L'élevage de papillons en Papouasie Nouvelle Guinée est un programme qui constitue une innovation et un parfait contre exemple.

Ce programme montre également que la préservation de la nature peut être un succès lorsqu'on prête attention aux besoins de l'homme. Ailleurs sous les tropiques, les tentatives de préserver l'environnement sans prendre en considération les besoins des hommes qui y vivent se sont souvent soldées par des échecs. Ce programme-ci offre une utilisation culturellement appropriée de cette forêt et empêche un déboisement pour l'exportation de ses troncs d'arbre ou sa conversion intégrale en monocultures de rente telles que le palmier à huile, le cocotier ou le caféier. La plus grande partie de la Papouasie Nouvelle Guinée est encore couverte par la forêt primaire; exploiter la valeur économique des insectes qui y vivent permet de sauvegarder cet habitat qui devient de plus en plus rare et

qui disparaît rapidement dans la plupart des zones tropicales.

Préservation des espèces.

La connaissance acquise à partir de l'élevage des papillons en Papouasie Nouvelle Guinée a déjà contribué à écarter la menace de disparition de sept espèces d'ornithoptères. Cette expérience pourrait être reprise dans d'autres régions du monde où des espèces de papillons sont en danger de disparition. En réalité, ce programme fournit un modèle aux autres nations qui pourraient élever les papillons d'une manière profitable tout en protégeant les espèces menacées. L'exemple ne s'arrête pas aux papillons mais peut se généraliser à d'autres espèces animales ou végétales qui risquent de disparaître à cause de leur valeur commerciale.

3.2.9.4 Application à d'autres pays



Figure 34. *Troides hypolitus* (5)

Le fondement de l'approche appliquée par la Papouasie Nouvelle Guinée est la culture des plantes nourricières dont les papillons ont besoin pour effectuer leurs cycles de vie. Cette technique pourrait être répétée ailleurs et les potentialités d'élevage de papillons existent dans beaucoup de pays. En fait, bien que la Papouasie Nouvelle Guinée soit riche en espèces de papillons (environ 700) ce n'est pas une exception et d'autres pays possèdent également de nombreuses espèces comme par exemple le Costa Rica où on en

dénombré 2.500 environ.

Il existe quelques 14.000 espèces de papillons dans le monde. Bien que la compétition soit possible, beaucoup de pays ne présentent aucune redondance d'espèces. Comme les collectionneurs et les spécialistes désirent habituellement des papillons en provenance des différentes régions du globe, la compétition entre pays exportateurs de papillons élevés ou capturés à l'état sauvage est minime.

Les papillons sont commercialisés un peu partout dans le monde mais comme les espèces les plus diversifiées se trouvent sous les tropiques, c'est là que les chances de succès d'un élevage commercial sont les plus grandes.

Cependant, certaines espèces abondent également dans quelques pays tempérés et c'est ainsi que l'élevage de papillons s'est déjà établi sur une petite échelle en Europe, aux États-Unis et au Japon.

- **Régions tempérées d'Europe et d'Asie (Paléarctique). Les espèces paléarctiques de l'Est sont fort demandées sur le marché international et difficiles à obtenir. La Chine en particulier possède des espèces *Parnassius* et *Papilio* qui peuvent être élevées. Les satyrides arctiques eurasiens, plus**

rarement les fritillaires, ainsi que les sulfures sont très demandées sur le marché et pourraient faire l'objet d'un élevage. Les queues d'hirondelles sont rares et fréquemment protégées.

- **Afrique tropicale et îles associées (Région Afrotropicale).** Les possibilités d'élever les papillons n'ont pas encore été envisagées en Afrique, bien que la diversité d'espèces demandées soit grande et le marché étendu. Cette zone possède en effet d'importantes espèces de papillons à queues d'hirondelle et de *Charaxes* (*Nymphalides*), mais jusqu'à présent et à notre connaissance, les entreprises d'élevage sont rares: il existe au moins une ferme d'élevage de papillons à Madagascar et un projet produisant des papillons au Kenya. Il existe donc un grand besoin de fermes expérimentales ou d'essais dans les différentes régions d'Afrique, avant de passer à la production commerciale. La procédure du contrôle à l'exportation et de la protection des espèces protégées reste cependant problématique
- **Subcontinent indien et régions tropicales du Sud Est asiatique (Domaine Oriental).** Les vers à soie tels que *Bombyx*

mori sont élevés et commercialisés en Asie et l'élevage de papillons semblerait être une prolongation naturelle de ces élevages. Beaucoup de papillons asiatiques sont livrés à des revendeurs, surtout à Taiwan et aux Philippines, mais il n'existe que très peu d'élevages. Un commerce très important tire son origine de Malaisie, spécialement pour «l'aile d'oiseau du Rajah Brooke» (*Trogonoptera brookiana*, Papilionides). On dit que des élevages prennent place, mais en réalité, la plupart des spécimens sont capturés à l'état sauvage. Les espèces recherchées de Porte-queues, y compris les ornithoptères noirs et dorés (espèce *Troides*) se rencontrent partout à travers ces régions. Les espèces appartenant aux familles des Nymphalides et des Piérides sont de bonnes candidates pour l'élevage puisqu'elles sont très demandées par les revendeurs.

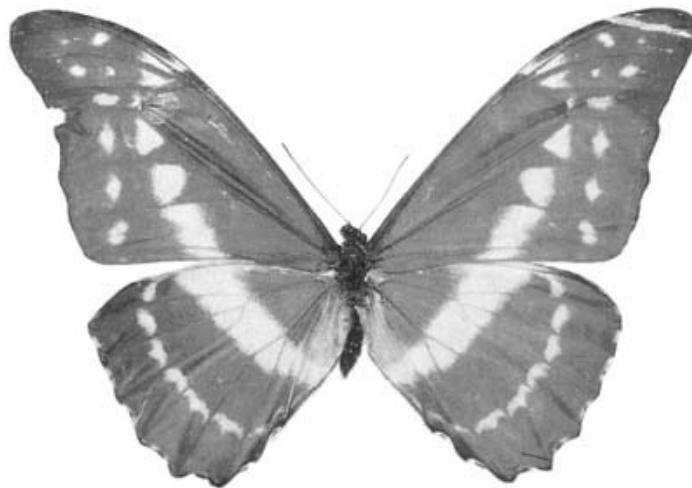


Figure 35. Morpho spp.(5)

- **Australie, Nouvelle Guinée et leurs îles associées de l'Ouest (Domaine Australasiatique).** L'Australie n'est pas riche en papillons mais possède quelques espèces endémiques importantes. Il existe au moins un «élevage» en Australie, mais ce dernier apparaît être un rejeton d'un commerçant revendeur qui élève quelques espèces locales afin de procurer des insectes à des stades précoce s aux collectionneurs. Ici, l'élevage doit être encouragé.

Les papillons les plus convoités de Nouvelle Guinée sont les ornithoptères du genre Ornithoptera. Également très demandés par les collectionneurs et les spécialistes sont les ornithoptères du genre Troides, concentrés dans la partie occidentale du pays.

- **Régions tempérées des Amériques (Domaine Néarctique).** Il existe un marché important pour les papillons du Nouveau Monde et pour presque toutes les familles, à un degré moindre pour les Lycaenides et les Hesperiides, mais presque toutes sont capturées à l'état sauvage. Le marché est porteur pour les espèces du grand Nord: Boloria (Nymphalides), Colias, Erebia (Piérides) et Oeneis (Satyrides). Leur élevage serait possible par les Indiens du Canada ou de l'Alaska ainsi que par les groupes d'Esquimaux.
- **Régions tropicales des Amériques (Domaine Néotropical).** Cette région est particulièrement propice à l'élevage des papillons dont les espèces diffèrent totalement des espèces trouvées ailleurs sous les Tropiques. Les espèces des genres Morpho et Agrias (Nymphalides) d'Amérique du Sud sont fort prisées par les collectionneurs. Beaucoup de biologistes

pensent que la majorité des spécimens fournis proviennent de populations sauvages même si, légalement, leur fourniture ne peut provenir que d'élevages. D'autres groupes se prêtant à l'élevage sont les «queues d'hirondelles», les Nymphalides (y compris Agrias) et certaines espèces de la famille des Satyrides. Il existe des populations importantes de Riodinides et de Lycaenides potentiellement aptes à l'élevage. Un revendeur a récemment monté un commerce en République dominicaine et des élevages de papillons se sont établis au Costa Rica.

D'une manière générale, les papillons appartenant à la famille des Riodinides et, plus particulièrement à celle des Lycaenides, semblent être une ressource négligée. Beaucoup d'espèces sont relativement petites mais intensément colorées. Un problème majeur est constitué par le fait que beaucoup de Lycaenides doivent vivre avec des fourmis pendant une partie de leur vie, et cette particularité complique leur élevage.

3.2.9.5 Les Parcs à papillons

Quelques régions à caractère touristique, y compris des régions à climat tempéré, s'intéressent à l'établissement de «zoos à papillons» ou de «forêts à papillons». On y voit des papillons vivants dans des habitats artificiellement reconstitués. Quelques espèces, telles que le Porte-queue du verger (*Papilio aegeus*), s'adaptent bien à de telles conditions.

Un revendeur britannique possède une «jungle tropicale» dans un environnement fermé dans lequel la température et l'hygrométrie sont sous contrôle. Il existe un grand Parc à papillons en Grande Bretagne et on a proposé d'en établir un second plus petit. La Société Zoologique de New York développe une section papillons dans son Hall de l'Asie Sauvage au zoo du Bronx et des villes comme San Francisco, Portland, Cincinnati et Tokyo possèdent toutes des zoos florissants d'insectes. Enfin, le zoo de Colombo, au Sri Lanka, dispose d'un spectacle vivant et d'un programme d'élevage réussi de papillons.

La création de parcs à papillons en Europe est assez récente et repose sur l'attrait exercé sur les Européens par le milieu tropical, y compris ses éléments animaux. Plusieurs parcs de ce genre existent notamment en Belgique, en France, au Grand-Duché de Luxembourg

ou ailleurs. Un parc à papillons se compose essentiellement de hangars reconstituant artificiellement des climats tropicaux par l'humidité et la température qui y règnent, de manière à pouvoir y faire pousser une végétation exotique. Le caractère figé des plantes est habituellement compensé par la présence d'animaux vivants, soit limités dans des enceintes (crocodiles dans des bassins inaccessibles au public) soit en liberté dans les hangars (cailles en liberté au sol). C'est ce qui se passe avec des oiseaux tropicaux et avec des papillons qui volent au-dessus et autour des visiteurs payant leurs entrées.

La vie d'un papillon adulte est cependant fort brève en général, et le renouvellement de cette faune en semi-liberté exige un approvisionnement régulier assuré en partie par l'exploitation elle-même puisqu'elle peut posséder, dans ses serres tropicalisées, toutes les plantes requises pour permettre l'alimentation des papillons à tous les stades pendant lesquels ils mangent. La production de chenilles et de chrysalides est cependant fort limitée en nombre, mais elle intéresse en général les visiteurs, rassemblés souvent pour assister aux éclosions des adultes. Cette production locale ne suffit toutefois pas. Il faut alors avoir recours à des importations. Celles-ci ne peuvent être assurées que par l'expédition de nymphes, seul stade pendant lequel un papillon peut être expédié

sans danger par avion, puisque la chrysalide est immobile et ne mange pas. Il existe donc aussi vers l'Europe un commerce de chrysalides vivantes de très bonne qualité pour maintenir la présence de papillons en nombre suffisant dans les parcs organisés à cet effet. Des entreprises similaires peuvent être imaginées pour d'autres régions où l'industrie touristique est florissante.

Références

- (1) ANONYME - Farming Manual (Insect Farming & Trading Agency IFTA) - IFTA, POB 129, Bulolo, Morobe Prov., Papua New Guinea.**
- (2) ANONYME [1983]. Butterfly farming in Papua New Guinea - Nat. Acad. Press (USA). 36 p.**
- (3) Calvert C.C., Morgan N.O., Martin R.D. [1970]. Housefly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products. *Poultry Science*. V 49, 588-589.**
- (4) Comby B. [1990]. *Délicieux insectes. Les protéines du futur.* Editions Jouvence. St Julien-en-genevois (France). 156 p.**
- (5) *De la chenille au papillon* [1988]. Les yeux de la découverte,**

Paris. Gallimard. 63 p.

(6) Doug Stevenson, Extension Associate.[1997].Texas Agricultural Extension Service. The Texas A & M University System. Texas Department of Agriculture. Fly identification index.

url: <http://www-aes.tamu.edu/doug/ipm/housefly.htm>. (1998)

(7) Farina L., Demey F., Hardouin J. [1991]. Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. *Tropicultura*, 9 (4), 181-187.

(8) Haubrige E., Gilson J.C. [1998]. (Communication personnelle - élevage du ver de farine) Unité de Zoologie générale et appliquée - Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux.

(9) Loa C. [1998]. Communication personnelle - Production et utilisation contrôlées d'asticots. Centre National de Formation Zootechnique et Vétérinaire de Maroua (Cameroun).

(10) Morgan O. Neal. USDA-ARS. Livestock Insects Lab, Bldg 476, Beltsville Agricultural Res. Center. Beltsville, MD 20705, USA.

(11) Nakagaki B.J., Sunde M.L., De Foliart G.R. [1987]. Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler

chicks. Poultry Sci. 66: 1367-1371.

(12) National University of Singapore. Department of Biological Sciences. Tropical Fish Culture. [1997].

url:

<http://www.science.nus.edu.sg/~webdbs/fish/livefood/mealwm.html>.

(1998)

(13) Newton G.L., Sheppard D.C., Thompson S.A., Savage S.I. [1995]. Soldier fly benefits: house fly control, manure volume reduction, and manure nutrient recycling.

url: http://www.ads.uga.edu/annrpt/1995/95_311.htm. (1998)

(14) Oladipo I.O. [1996]. Palm grub culture and domestication. Federal Polytechnic Agricultural Engineering Department P.M.B. 5351 ADO-EKITI, Ondo State, Nigeria. BEDIM Bulletin V.5(1) p. 10-11.

(15) Shaw P.C., Mark K.K. [1980]. Chironomid farming - a means of recycling farm manure and potentially reducing water pollution in Hong Kong, Aquaculture 21: 155-163.

(16) The Texas A&M University System. Texas Agricultural Extension Service. Department of Entomology. Bastiaan M. Drees. Extension

Entomologist.[1997]. url:

<http://entowww.tamu.edu/extension/bulletins/uc/uc-011.html>

(17) Vinima Dakuyo [1992]. Rapport de stage. Ecole Nationale d'élevage et de Santé Animale- Ouagadougou, Burkina Faso.

(18) Vorsters A., Demey F., Aminou T. [1994]. Récolte de termites pour l'aviculture à Songhaï (Bénin). *Cah. Agric.*;3: 265-6.

