

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ecole Nationale Supérieure Agronomique  
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

## Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Sciences Agronomiques  
Département : Zoologie Agricole et Forestière  
Spécialité : Protection des Végétaux - Zoologie  
Option : Entomologie Appliquée.

## Thème

**Bioécologie et faune associée au Bombyx,  
*Lymantria dispar* L. en phase de gradation  
dans le massif forestier de l'Atlas blidéen.**

Par : Dalila MECELLEM

Jury :

Président	M. MOKABLI A.	Maître de conférences (ENSA)
Promoteur	M. CHAKALI G.	Maître de conférences (ENSA)
Examineurs	Mme. KHALFI W.	Maître de conférences (ENSA)
	M. BOUHRAOUA R.T.	Professeur (Université de Tlemcen)
Invité	DAHAL R.	Directeur du Parc National de Chréa

Soutenue le 13 octobre 2009

## بيو إيكولوجية جادوب البلوط *Lymantria dispar* والحشرات المنافس له في غابة من الاطلس البلدي

**ملخص.** يتركز هذا البحث حول التسلسل الزمني لجادوب البلوط في بيئته الطبيعية . ان متوسط عدد التبييض لكل شجرة يتراوح بين 14 و 41 على الانواع *Q. ilex* و *C. sempervirens*. بالنسبة لشجر الفلين و الارز الاطلسي المعدلات المحتسبة ترتفع إلى 32 و 26. ان بلوط الفلين اكثر الانواع تضررا حيث ان دراسة مساحات التبييض في شجر الفلين التي انجزت خلال الاعوام 2007 و 2008 كشفت عن انتقال من مرحلة الذروة الى مرحلة التذني . ان اهميت عدد الطفيليات و عدد البيض المتلفة في سنة 2008 يؤكد نمط التدرج . الدورة البيولوجية لجادوب البلوط في غابت الارز متاخرة بحوالي 15 يوم . الدراسة التي اجريت على الحشرات المرتبطة بالتفرغ بينت 32 نوع من الحشرات و من بين هذه الانواع اربعة تتغذى على بيض *Lymantria dispar*. نشاط الحشرات المنافسة *Orgya*, *trigotephras*, *Ephesia nymphaea*, و *Polydrosus* تبين الشراسة على اوراق شجر الفلين. ظهرت منذ قريبة *Tortrix viridana* في مرحلة الذروة و التي تعتبر المنافس الرئيسي .

الكلمات الرئيسية : جادوب البلوط , الاحداث المتباينة, الحشرات المتنافسة

## Bioécologie et faune associée au Bombyx, *Lymantria dispar* L. en phase de gradation dans le massif forestier de l'Atlas Blidéen

**Résumé.** Le présent travail porte sur la chronologie de développement du Bombyx disparate dans son milieu naturel. Le nombre moyen des pontes par arbre varie de 14 à 41 respectivement pour *Q. ilex* et *C. sempervirens*. Pour *Quercus suber* et *C. atlantica* les moyennes calculées s'élève à 32 et 26 pontes par arbre. Les infestations sont plus significantes sur le chêne-liège. L'étude biométrique effectuée sur les pontes en provenance du chêne liège au cours des années 2007 et 2008 a révélé le passage de la phase de culmination à la phase de rétrogradation. L'importance du taux de parasitisme et du nombre d'œufs détruit en l'année 2008 confirme le schéma de la gradation. Le comportement biologique du Bombyx disparate en cédraie mixte d'altitude est plus tardif qu'en subéraie. L'étude conduite sur la faune associée aux pontes du Bombyx disparate a mis en évidence une diversité de 32 démantelers, dont 4 espèces sont des oophages strictes. Une activité des compétiteurs, *Orgya trigotephras* et *Ephesia nymphaea*, et *Polydrosus sp* marquent une agressivité sur le chêne liège. Récemment, l'apparition de la tordeuse verte *Tortrix viridana* en phase de culmination du Bombyx disparate constitue un véritable compétiteur.

**Mots clés :** Bombyx disparate, Chronologie, Faune associée, Compétiteurs

## Bioecology and fauna associated with the Gypsy moth, *Lymantria dispar* L. in gradation phase of Blideen forest Atlas

**Abstract.** This study concerns chronology phase's of Gypsy moth in natural environment. The mean number eggs mass of the counted by tree respectively varies from 14 to 41 for *Q. ilex* and *C. sempervirens*. For *Quercus suber* and *C. atlantica* the calculated averages amounts to 32 and 26 eggs mass per tree. Biometric study of the eggs mass from the oak cork carried out during the years 2007 and 2008 revealed the passage of culmination phase to retrogradation phase. The importance rate of parasitism and the number of eggs destroyed in 2008 year confirms gradation diagram. The biological behavior of Gypsy moth in altitude is later of fifteen days. The study on fauna associated with the Gypsy moth highlighted a diversity of 32 species, whose 4 species are consumed the eggs. An activity of the competitor's, *Orgya trigotephras*, *Ephesia nymphaea*, and *Polydrosus sp* mark aggressiveness on the oak cork. Recently, the presence of *Tortrix viridana* in culmination phase of the Gypsy moth constitutes principal a competitor.

**Key words:** Gypsy moth, Chronology, Fauna associated, Competitors.

# Remerciements

---

J'exprime ma gratitude et toute ma reconnaissance à Monsieur G. Chakali, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, d'avoir accepté de diriger ce travail et de la confiance qu'il m'a témoigné en m'accueillant au sein de son équipe, ainsi que son soutien continu, tant au plan humain que professionnel.

J'adresse mes remerciements à Monsieur A. Mokabli, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider mon jury. Mes remerciements vont également à Madame W. Khalfi Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, et Monsieur T. Bouhraoua, Professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner mon travail

Je tiens également à remercier Monsieur R. Dahal Directeur du Parc National de Chréa pour sa contribution et ses encouragements.

Ma reconnaissance et mes remerciements vont à Monsieur M. Ghelem, technicien au laboratoire d'entomologie, pour son aide au terrain et au laboratoire, sa disponibilité et ses précieux conseils.

Mes vifs remerciements vont aux responsables de la Direction Générale des Forêts, et aux forestiers qui ont contribué à la réalisation de ce travail

J'adresse mes vifs remerciements, à Monsieur JC. Streito responsable du laboratoire national de la protection des végétaux de Montpellier pour l'aide à l'identification des Hétéroptères et à Madame C. Villemant Docteur au Muséum d' Histoire Naturelle à Paris pour la confirmation de divers groupes d'insectes démantelers des pontes du Bombyx disparate.

Une affectueuse pensée à ma famille, en particulier mes parents, pour leur soutien et encouragement, durant toute ma formation.

Je suis également reconnaissante à Monsieur H. Houassine, chargé de cours à l'université de Médéa d'avoir eu l'amabilité de relire le document. Je lui rends un grand hommage pour les remarques et les suggestions.

# S O M M A I R E

<b>Introduction</b> .....	1
<b>PREMIER CHAPITRE : SYNTHESSES DE RECHERCHES SUR LE BOMBYX DISPARATE, <i>LYMANTRIA DISPAR</i> L.</b> .....	3
1. Position taxonomique.....	3
2. Historique et répartition géographique.....	4
2.1. Dans le monde .....	4
2.2. En Algérie.....	5
3. Caractéristiques des écophases.....	6
3.1. La ponte .....	6
3.2. Le développement embryonnaire.....	7
3.3. Les stades larvaires.....	8
3.3.1. Stades jeunes chenilles.....	8
3.3.2. Stades des chenilles âgées.....	9
3.4. Le stade nymphal.....	9
3.5. Le stade adulte.....	10
4. Cycle vital.....	11
5. Dynamique des populations.....	12
6. Les facteurs régissant les populations du Bombyx disparate.....	13
6.1. Les plantes hôtes.....	13
6.2. Les facteurs climatiques.....	14
6.3. Les auxiliaires parasites et prédateurs.....	15
6.4. Les maladies .....	16
7. Dégâts et nuisances.....	17
7.1. Impact sur le chêne-liège.....	17
7.2. Répercussion des dégâts sur les cultures proches de la forêt.....	17
7.3. Les désagréments occasionnés par les chenilles.....	17
7.4. Conséquences sur la forêt .....	18
8. Protection et mesures préventives.....	18
8.1. Contrôle.....	18
8.2. Moyens de lutte pratique.....	19
<b>DEUXIEME CHAPITRE : PRESENTATION DES PRINCIPALES PLANTES HOTES DU BOMBYX DISPARATE</b> .....	22
1. Le chêne-liège <i>Quercus suber</i> L, .....	22
1.1. Généralités .....	22
1.2. Le chêne-liège en Algérie.....	23
1.3. Biologie et écologie de chêne-liège.....	24
1.4. Importance économique .....	25
1.5. Principaux déprédateurs de chêne-liège.....	26
2. Le chêne vert, <i>Quercus ilex</i> .....	27
2.1. Généralités .....	27
2.2. Importance économique .....	28
2.3. Les insectes nuisibles.....	28
3. Le châtaignier, <i>Castanea sativa</i> L,.....	28

3.1. Généralités .....	28
3.2. Importance économique.....	29
3.3. Insectes ravageurs .....	29
<b>TROISIEME CHAPITRE : MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>30</b>
1. Sites d'étude.....	30
1.1. La subéraie de Bouarfa.....	30
1.2. Station à cyprès .....	31
1.3. Châtaigneraie.....	32
1.4. Station de cèdre en mélange avec le chêne vert.....	32
1.5. Station mixte chêne vert genévrier oxycèdre (Ain terralleur).....	33
2. Méthodologie adoptée .....	34
2.1. Quantification des pontes dans les sites prospectés.....	34
2.2. Estimation des démantèlements par classe.....	35
2.3. Suivi chronologique des écophases du Bombyx en relation avec l'altitude.....	36
2.4. Plantes hôtes.....	37
2.5. Insectes compétiteurs du Bombyx disparate.....	37
3. Examen du matériel biologique récolté en provenance du chêne-liège.....	37
3.1. Méthodologie de calcul des surfaces des pontes.....	37
3.2. Préparation et dénombrement des catégories d'œufs.....	38
4. Recherches de la faune associée aux pontes.....	40
4.1. Examen et analyse des échantillons.....	40
4.2. Elevage au laboratoire.....	40
5. Biométrie et pesées des stades larvaires et nymphal du Bombyx disparate.....	40
6. Recherche des ennemis naturels.....	40
7. Méthodes d'analyse statistique.....	42
7.1. Régression linéaire .....	42
7.2. Distribution fréquentielle.....	42
7.3. Anova.....	43
<b>QUATRIEME CHAPITRE : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>44</b>
1. Dénombrement des pontes .....	44
2. Évaluation des taux de démantèlements des pontes en relation avec les plantes hôtes.....	46
3. Faune associée aux pontes.....	52
3.1. Les destructeurs des pontes.....	52
3.2. Les oophages strictes.....	63
3.2.1. Cycle biologique de <i>Trogoderma versicolor</i> .....	63
3.2.2. Cycle biologique de <i>Anthrenus exilis</i> .....	65
4. Biométrie des pontes .....	66
4.1. Equation modèle pour le calcul des surfaces des pontes.....	66
4.2. Analyse fréquentielle des surfaces des pontes récoltées en 2007 sur chêne-liège.....	67
4.3. Analyse fréquentielle des surfaces des pontes récoltées en 2008 sur chêne-liège.....	68
4.4. Comparaison des moyennes des surfaces des pontes récoltées en 2007 et en 2008 sur chêne-liège.....	69

4.5. Relation entre les surfaces réelles et les volumes des pontes sur chêne-liège.....	70
5. Dénombrement des œufs de <i>Lymantria dispar</i> en provenance de chêne-liège (2007 et 2008) .....	72
5.1. Analyse des effectifs des œufs du Bombyx disparate quantifiés en 2007... ..	72
5.2. Analyse des effectifs des œufs du Bombyx disparate quantifiés en 2008....	74
5.3. Examen et comparaison des différentes catégories d'œufs (2007- 2008)...	75
6. Biométrie des stades larvaires.....	75
7. Sex-ratio, biométrie et pesées des chrysalides.....	78
7.1. Sex-ratio de <i>Lymantria dispar</i> sur chêne-liège .....	78
7.2. La relation entre la longueur et la largeur des chrysalides .....	79
8. Chronologie des écophases du Bombyx disparate.....	81
9. Les auxiliaires parasites prédateurs du Bombyx disparate.....	82
9.1. Ennemis du stade embryonnaire .....	83
9.1.1. Les parasites des œufs.....	83
9.1.2. Les prédateurs des œufs.....	84
9.2. Ennemis des stades larvaires.....	86
9.2.1. Parasites larvaires .....	86
9.2.2. Prédateurs larvaires .....	87
9.3. Ennemis du stade nymphal.....	87
9.3.1. Parasites du stade nymphal.....	87
9.3.2. Prédateurs du stade nymphal.....	88
10. Agents pathogènes .....	89
11. Répertoire des plantes hôtes de <i>Lymantria dispar</i> .....	90
12. Principales espèces compétitrices du Bombyx disparate.....	92
12.1. <i>Ephesia nymphaeae</i> ( <i>Catocala</i> ).....	92
12.2. <i>Orgyia trigotephras</i> .....	93
12.3. La tordeuse verte, <i>Tortrix viridana</i> .....	94
12.4. <i>Polydrosus</i> .....	95
<b>Conclusion</b> .....	96
<b>Références bibliographiques</b> .....	98

## **Introduction**

A l'échelle mondiale, les peuplements forestiers couvrent une aire de l'ordre de 3835 millions d'hectares, soit un taux de boisement de 29%. En Afrique, la superficie forestière s'étend sur 753 millions d'hectares (El Hassani *et al.*, 1994). Une forêt structure le paysage, participe à la gestion de l'eau et représente un biotope diversifié en faune et en flore.

La forêt algérienne évaluée à plus de 3 millions d'hectares se caractérise par la fragilité des écosystèmes du fait des conditions écologiques souvent précaires et une situation socio-économique qui ne favorise pas la protection de la flore et la faune. Actuellement, 1,8 millions d'hectares de la superficie sont menacés et risquent de disparaître (Madaoui, 2003).

Au cours des dernières décennies, l'état des forêts est inquiétant. Une grande variété d'agresseurs particulièrement les insectes influencent la dynamique de l'écosystème forestier dans sa globalité. La fréquence des infestations périodiques des insectes tend à évoluer sous l'effet des activités anthropiques et des changements climatiques, qui rendent les écosystèmes forestiers fragiles aux attaques, particulièrement des défoliateurs et des xylophages qui restent les plus redoutables ennemis de la forêt. Les changements progressifs des caractéristiques du milieu forestier, modifiant le couvert végétal, la structure des peuplements, la morphologie du terrain et les dimensions des arbres, peuvent augmenter à chaque instant la susceptibilité d'un peuplement vis-à-vis des stratégies des attaques de ravageurs (Berryman, 1976).

Le Bombyx disparate est considéré comme l'un des ravageurs les plus menaçants des feuillus particulièrement les subéraies. Les pullulations de ce papillon sont originaires du Japon et de la Corée L'insecte se caractérise par sa polyphagie qui lui permet de couvrir une aire de répartition très importante touchant ainsi l'hémisphère nord et le bassin méditerranéen (Herard et fraval, 1980).

Depuis un siècle, la spongieuse se manifeste de façon périodique par des défoliations spectaculaires dans beaucoup de pays de son aire de distribution et a fait l'objet de beaucoup de recherches notamment au Maroc par Fraval *et al.*, (1989) et en Italie par Luciano *et al.*, (2001) et Luciano *et al.*, (2005). En Algérie, les pullulations de ce ravageur ont été signalées depuis 1925 (Dellassus, 1925 in Ouakid, 2001), puis d'une manière discontinue dans les diverses forêts de chêne liège du Nord du pays. La dernière gradation

de *Bombyx dispar* qui a concerné la subéraie de Bouarfa et le Parc National de Chréa a été suivie avec beaucoup d'intérêt depuis les premières observations des populations de *Lymantria dispar* en yeuseraie et en châtaigneraie. Le suivi a fait l'objet de quelques projets fragmentaire de fin d'étude, dans le but de tirer des informations sur l'évolution de l'insecte dans son milieu naturel.

L'étude s'inscrit dans le cadre de l'écologie et de la biologie du *Bombyx dispar* et porte sur quelques paramètres chronologiques de l'insecte sur diverses plantes hôtes ; le chêne liège, le cyprès, le châtaignier, le chêne vert, le genévrier et le cèdre de l'Atlas.

Le principal objectif de cette recherche est de tirer un maximum d'informations sur le *Bombyx dispar* en gradation afin de développer des stratégies d'interventions contre cet agresseur aux potentialités spatio-temporelles étonnantes. La recherche fournira une base scientifique fondamentale utile pour les traitements futurs des peuplements menacés par les pullulations de ce défoliateur.

L'importance économique considérable des défoliations périodiques particulièrement en chênaies et le manque de données nous ont incité dans le choix du sujet.

Le travail effectué se subdivise en trois parties. Dans un premier volet, nous présentons une synthèse des données recueillies sur le *Bombyx dispar* et ses principales plantes hôtes. Le second volet traite de la présentation des sites de l'étude, du matériel utilisé et des méthodes adoptées. Les résultats et les interprétations seront traités au dernier volet de l'étude.

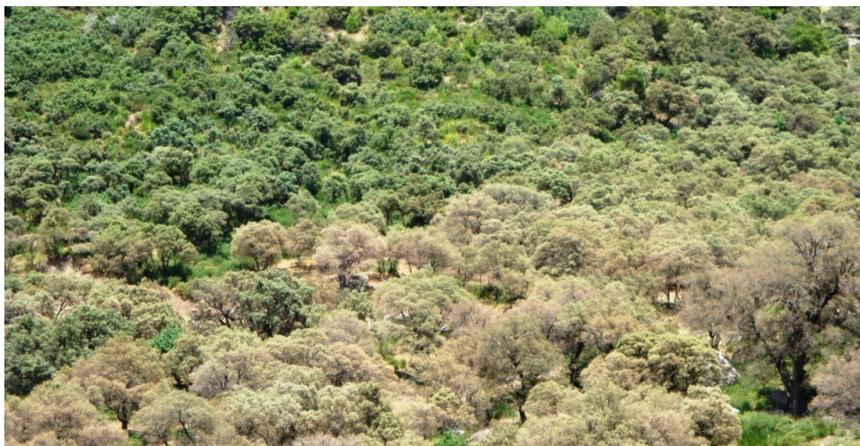
L'intérêt de l'étude est de compléter davantage les renseignements sur les différents états biologiques de l'insecte dans son milieu naturel au cours de la dernière gradation (2006 à 2009), et de développer la liste des compétiteurs ainsi que la faune associée aux pontes de *Lymantria dispar* qui restent à élucider.

## PREMIER CHAPITRE

### SYNTHESES DE RECHERCHES SUR LE BOMBYX DISPARATE, *LYMANTRIA DISPAR L*

#### 1. Position taxonomique

Le Bombyx disparate, *Lymantria dispar* est un insecte appartenant à l'ordre des Lépidoptères, au sous ordre des Ditrysia, à la superfamille des Noctuoidae et à la famille des Lymantriidae. Il doit son appellation spécifique au grand dimorphisme sexuel existant entre les papillons mâle et femelle; ainsi le nomme-t-on en français Bombyx dissemblable (ou disparate). Le nom de genre *Lymantria* a été bâti sur la racine grecque signifiant "nuisible" ou "ravageur", en référence à ses pullulations aux potentialités extraordinaires et à sa polyphagie très étendue (Fraval, et al., 1989). D'autres noms, parmi les nombreux qu'il possède, se rapportent à l'allure de ses pontes (spongieuse) ou à l'aspect poilu des chenilles (*Lagarta peluda*). Pour les Anglais et les Américains, il est le papillon gitan (*Gipsy* ou *Gypsy-moth*) (Fraval, 1989). On l'appelle aussi Zig-zag en référence à la forme du tracé noir sur ses ailes (Villemant, 2002). Pour Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger (2001), l'espèce a reçu le nom de Zig-zag car le papillon mâle effectue durant le jour des vols incessants en zigzags. D'après des enquêtes, les riverains des subéraies de Tamentout connaissent l'espèce sous le nom de « JAMRA », la braise. Cette dénomination locale a été donnée à l'insecte suite à la stratégie des infestations en bandes alternées très apparentes donnant l'aspect de passage d'un incendie (Fig.1).



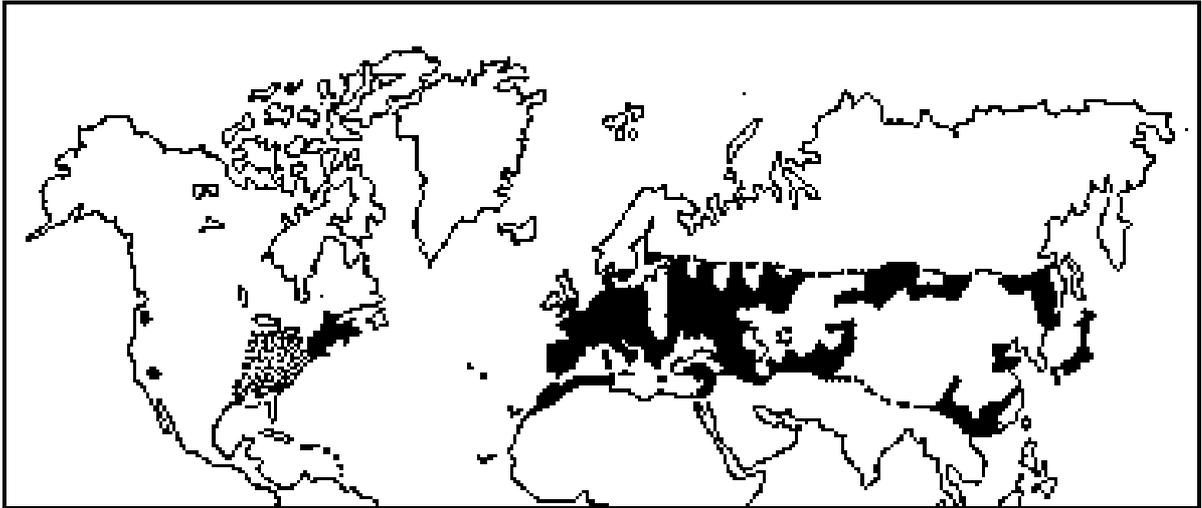
*Originale (2009)*

**Figure 1.** Dégâts du Bombyx disparate en forme de bandes alternées en yeuseraie

## 2. Historique et répartition géographique

### 2.1. Dans le monde

La répartition géographique de *Lymantria dispar* est remarquable par son étendue et par son extension au continent Nord-Américain. L'insecte est vraisemblablement originaire du Japon et de la Corée (Herard et Fraval, 1980 ; Villemant, 2006). De là, il a gagné de proche en proche, la Chine, l'Afghanistan, l'Iran, l'Europe (depuis la Scandinavie jusqu'à l'Espagne) et les îles de la méditerranée. De même, l'insecte est largement réparti en Afrique du Nord ; en Tunisie, en Algérie et au Maroc (Fraval *et al*, 1989 ; Villemant, 2006). En 1869, Léopold Trouvelot expérimentateur audacieux, l'introduisit depuis la France aux Etats-Unis à Medford dans le Massachussets. Le but visé était d'obtenir des chenilles séricigènes rustiques utiles, en croisant le Bombyx du mûrier (ver à soie) et le Bombyx disparate. Aucun hybride n'en résulta, les deux espèces sont en effet de familles différentes; mais l'expérience aboutit, à la suite d'un orage qui détruisit les cages et fit répandre l'installation des chenilles dans la forêt avoisinante (Villemant, 2003). Aux états-Unis, le *Gypsy Moth* est devenu l'un des ravageurs forestiers le plus redoutables (Villemant, 2006). Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, l'intrusion a été sur la côte du Canada à proximité de Vancouver de l'Asian *Gypsy Moth*, venu par cargo de Russie orientale (Fraval et al., 1989). La population américaine diffère de celle issue des élevages de Trouvelot en 1869 notamment par une voracité supérieure et la capacité que présentent les papillons femelles à voler (Villemant, 2006). En Europe, les défoliations du Bombyx disparate touchent des forêts où le ravageur ne s'était jamais manifesté en masse. Pour beaucoup, ces pullulations pourraient s'expliquer par l'invasion de l'Asian *Gypsy Moth* en provenance de l'est, et la plupart des efforts des entomologistes forestiers portent désormais sur la caractérisation et la différenciation des races. Un consensus semble se dégager sur le schéma suivant : l'Europe héberge des populations de *L. dispar* d'identité génétique variable avec, à l'est, une plus forte proportion de gènes « asiatiques » qu'à l'Ouest. Parmi ces gènes, certains s'expriment plus en période de culmination et l'on voit ainsi, par exemple, des femelles qui s'adaptent mieux au vol (Fraval et Al.,1989). Ce phénomène, toutefois, n'est pas une nouveauté et des vols de femelles de Bombyx disparate ont été jadis notés en Europe orientale (Villemant, 2003). Sur la base de ces données, la diversité biologique des races reste à élucider par des analyses sur la structure génétique. La distribution de Bombyx disparate dans le monde est illustrée par la figure 2.

Fraval *et al* (1989)

**Figure 2.** Aire de répartition de *Lymantria dispar* dans le monde

## 2.2. En Algérie

La première observation des infestations du Bombyx disparate a été signalée au cours de la période allant de 1923 à 1927 dans la forêt d'Edough, à proximité de la ville d'Annaba (Delassus, 1925 in Ouakid, 2001). En l'année 1925, plus de 3 000 ha de chêne-liège et de nombreux vergers ont été totalement défoliés. De même, la majorité des feuillus sont attaqués. Une première tentative de lutte biologique a lieu dès 1925 dans les subéraies d'Annaba (Balachowsky et Mesnil, 1935). Les populations d'auxiliaires, notamment le calosome sont renforcées par l'introduction de spécimens importés d'Espagne (Delassus, 1923 et 1925 in Villemant et Fraval, 1999). A cette époque, des foyers observés à El Kala se sont formés à partir des individus en provenance de la Tunisie. D'autres infestations ont lieu, en 1934 dans la chênaie verte de Tlemcen et en 1961 au Sud-Ouest d'Azazga (Khou, 1993). De nouveaux foyers ont été signalés en Kabylie, Boghari, dans la Mitidja et à Oran, puis le Bombyx disparate disparaît presque totalement de la région (Balachowsky et Mesnil, 1935). Dans le Nord constantinois, l'infestation de *L. dispar* a concerné 5 800 ha de chêne-liège en 1976, plus de 25 200 ha en 1977 et environ 22 000 ha en 1978 (Hamra Kroua, 1986). A partir de 1984, d'importantes pullulations ont été signalées dans la région d'El Taref, à l'Est algérien, (Hamra Kroua, 1989).

Durant la gradation de la période de 1986 à 1987, des défoliations spectaculaires sont observées à travers 10 régions. La surface totale défoliée a atteint l'ordre de 12 634 ha (Jijel : 9 524 ha, Skikda : 2 260 ha, Annaba : 350 ha, El Tarf: 400 ha, Tizi-Ouzou: 50 ha, Mila :

50 ha) (Khou, 1993). Dans les chênaies vertes d'altitude du Parc National de Tikjda situé au Djurdjura, Khou (1995) a estimé jusqu'à 27 360 pontes/ha en 1988. La brusque rétrogradation des populations du ravageur l'année suivante est attribuée à une polyédrose nucléaire au cours du développement larvaire des chenilles (Khou, 1991). En l'année 1992, des infestations ont été signalées dans plusieurs massifs forestiers algériens avec des défoliations partielles mais sur une large surface dans les régions de Saïda et de Tlemcen (Bouhraoua, 2003). La durée des infestations s'étale de 3 à 4 ans dans les subéraies littorales, et se limite à 2 ans seulement dans les chênaies de montagne (Djudjura et Aurès). Les attaques du *Bombyx disparata* débutent vers 800 m d'altitude dans la chênaie pure puis gagnent les peuplements mixtes de chêne vert, de cèdre de l'Atlas et de genévrier oxycèdre. L'infestation se limite aux altitudes de 1 300 mètres (Khou et Demolin, 1997). Dans le Parc National de Chréa, les premières observations des populations de *Lymantria dispar* en parallèle en yeuseraie et en châtaigneraie en 2006 ont été suivies avec beaucoup d'intérêt. Depuis ces dernières années plusieurs recherches fragmentaires dans le cadre des projets de fin d'étude ont porté sur divers aspects biologiques et écologiques.

### **3. Caractéristiques des écophases**

#### **3.1. La ponte**

La période des pontes se situe entre les mois de juin et de juillet, parfois elle débute dès la mi-mai. Selon l'endroit, les femelles pondent sur les troncs et les branches des arbres et même sur les rochers environnants. La ponte apparaît comme une plaque ovale de 25 à 70 mm de long et 10 à 35 mm de large en moyenne (Martin et Bonnet, 2007). Son épaisseur est de 3 à 8 mm. Les œufs sont déposés en plusieurs couches superposées plus nombreuses au centre qu'à la périphérie. Ils sont enrobés par des écailles filiformes de protection, provenant de l'extrémité abdominale de la femelle (Villemant, 1993). Ses "poils" sont collés entre les œufs et contre le support, formant ainsi un emballage des œufs, les protégeant des chocs, du froid et de la pluie. L'ensemble prend une couleur chamois (Fig. 3). Le nombre d'œufs par ponte varie de 100 à 700 œufs. L'œuf fraîchement pondu est de couleur jaunâtre puis devient orangé par la suite. Il a une forme sphérique légèrement aplatie. Son diamètre est de l'ordre de 1 mm, son poids est 0,7 mg en moyenne (Fraval *et al.*, 1989).



*Originale (2009)*

**Figure 3.** Aspect des pontes de *Lymantria dispar* sur le chêne-liège

### **3.2. Le développement embryonnaire**

Les œufs commencent à se développer aussitôt après la ponte et atteignent le stade de pré-larve dans l'œuf et à ce moment le développement s'interrompt (Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger, 2001). A ce propos, Fraval *et al*, (1989) notent que le développement embryonnaire nécessite dans la nature environ 3 semaines pour son évolution. Au laboratoire, il peut se limiter à 2 semaines, aussi bien à la température ambiante de 20°C qu'à 26°C. Au terme du développement embryonnaire, la pré-larve entre en diapause alors qu'une masse importante de vitellus demeure extérieure au tube digestif. A l'issue de la diapause, la pré-larve ingère ce vitellus et éclot en juillet (Martin *et al.*, 2007).

### 3.3. Les stades larvaires

La durée du développement larvaire est difficile à apprécier sur le terrain, les élevages ont montré qu'elle dépend beaucoup des conditions de température, de la nature du milieu nutritif et de la densité des chenilles (Ridet, 1972 ;Hérard, 1984 ; Villemant, 1993). Les chenilles des premiers stades sont plus voraces que les chenilles âgées. Elles ingèrent en moyenne 50 fois leur poids sec contre 15 fois pour celles des derniers stades. La croissance est plus forte au début qu'à la fin de développement. Dans les élevages effectués au Maroc, à la température ambiante variant de 20 à 25°C, les durées totales de développement larvaire sont de l'ordre de 40 jours pour les mâles, et de 50 jours pour les femelles, dans le cas où les chenilles sont nourries de feuillage frais (Fraval *et al*, 1989).

**3.3.1. Stades jeunes chenilles:** Les chenilles néonates sont de couleur foncée et sont de l'ordre de quelques millimètres. Elles restent 2 à 3 jours réunies en colonies sur le lieu de ponte avant de se rendre dans le houpier pour s'alimenter (Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger, 2001) (Fig.4). Le Bombyx disparate avant de commencer à se nourrir, assure la diffusion de l'espèce. Les chenilles sont dotées d'un fort phototropisme positif pour rejoindre la partie la plus élevée des plantes hôtes, ensuite, elles se laissent pendre suspendues à des fils de soie et peuvent ainsi être facilement dispersées par le vent dans les milieux environnants (Luciano et Roversi, 2005).



*Originale (2009)*

**Figure 4.** Colonies de chenilles du Bombyx disparate deux jours après l'éclosion

**3.3.2. Stades des chenilles âgées:** Elles sont d'une coloration foncée, verrues bleues sur les 5 premiers segments, verrues rouges sur les autres. Au troisième stade les chenilles acquièrent une intense pilosité urticante (Fig.5). Au delà du quatrième stade les longueurs des chenilles varient de 2,3 à 8 cm de long (Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger, 2001). Les mâles passent généralement par 5 stades tandis que les femelles passent souvent par un stade supplémentaire (Villemant, 1993). A ce sujet, Balachowsky et Mesnil (1935); Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001 notent que le développement larvaire chez le *Bombyx disparate* peut passer de 6 à 7 stades larvaires pour les femelles, et 5 à 6 pour les mâles. Les caractéristiques morphologiques, de même que la durée et le nombre des stades larvaires, sont très dépendant des conditions d'alimentation et de température (Balachowsky et Mesnil, 1935).



*Originale (2009)*

**Figure 5.** Aspect d'une chenille âgée de *Lymantria dispar*

#### **3.4. Le stade nymphal**

Au terme de son développement, la chenille s'immobilise, arrête son alimentation et vide son tube digestif. Elle tisse un réseau lâche de quelques fils de soie. Elle reste ainsi inactive pendant 1 à 3 jours. La pré-chrysalide se fend au niveau de la partie médiodorsale et mue en une chrysalide quiescente de couleur verdâtre. Au cours des quelques heures qui suivent, la chrysalide durcit et acquiert une couleur brune foncée (Fraval *et al*, 1989) (Fig.6). La longueur de la chrysalide varie de 1,5 à 3,5 cm chez la femelle et de 1,5 à 2 cm chez le mâle (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001).



*Originale (2009)*

**Figure 6.** Aspect des chrysalides de *Lymantria dispar*

### 3.5. Le stade adulte

Il est connu que les 2 sexes présentent un grand dimorphisme sexuel. Les tailles des adultes sont sous la dépendance de leur alimentation et de leur environnement et du cycle de la gradation (Fraval *et al*, 1984).

**Papillon femelle:** la femelle est très différente, le fond de sa coloration est blanc, parfois légèrement jaunâtre. Elle peut dépasser une envergure de 6,5 cm (Fraval et al., 1989). Les ailes antérieures, de couleur blanche sont maculées de lignes transversales légèrement obliques, zigzagantes, de couleur noire ou brune foncée. Sur les ailes postérieures, ces lignes sont remplacées par des bandes submarginales et des séries de points bruns disposés à l'extrémité des ailes et alternant avec les nervures. Le thorax et l'abdomen sont volumineux, hérissés de poils très serrés. Les antennes sont noires et fines (Balachowsky et Mesnil, 1935) (Fig.7).



*Originale (2009)*

**Figure 7.** Femelle adulte de *Lymantria dispar*

**Papillon mâle:** Le mâle a une envergure de l'ordre de 35 à 40mm. Le corps est relativement fin et les antennes fortement pectinées ; sa coloration est d'un brun tirant sur le fauve, avec des ailes antérieures maculées de 4 à 5 lignes transversales zigzagantes, plus sombre, régulièrement espacées les une des autres (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001). Les ailes postérieures sont uniformément brunes, sauf sur leur marge inférieure, toujours plus au moins enfumée (Balachowsky Mesnil, 1935) (Fig.8).



Originale (2009)

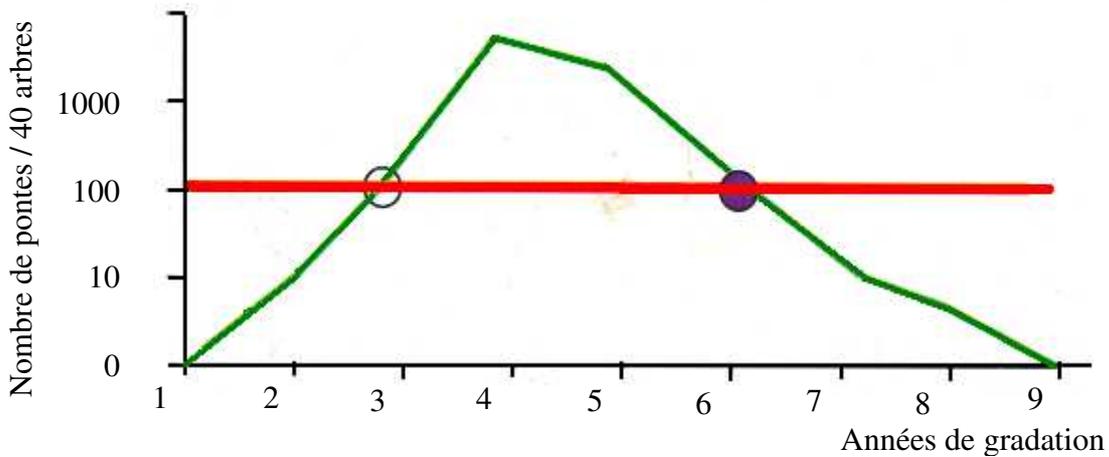
**Figure 8.** Papillon mâle de *Lymantria dispar*

#### 4. Cycle vital

Le Bombyx disparate est un insecte monovoltin au cycle relativement simple, calé sur celui des arbres à feuilles caduques (Villemant, 2006). Les éclosions des œufs s'échelonnent du mois de mars à avril. Les chenilles vivent aux dépens des feuilles, et se développent au cours de la période végétative. La nymphose s'effectue dès le début de la période estivale, elle dure de 2 à 3 semaines. A l'émergence après une brève maturité sexuelle, l'accouplement se fait et le dépôt de l'unique ponte de la femelle se réalise au cours des 24 heures qui suivent (Villemant, 2003). Le développement embryonnaire commence juste après la ponte et se poursuit pendant 3 semaines. A ce stade, intervient alors une diapause très longue, jusqu'au printemps de l'année suivante, génétiquement déterminée et quasi-obligatoire (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001). Selon les races géographiques, les lieux et les climats, les années et enfin les individus, des variations notables du cycle sont enregistrées (Fraval *et al* 1989).



et se répètent tous les 5 à 6 ans. La figure 10, illustre un schéma typique d'une gradation au cours du temps.



Luciano et Roversi (2005)

**Figure 10.** Dynamique cyclique du Bombyx disparate

## 6. Les facteurs régissant les populations du Bombyx disparate

Une gradation résulte toujours de plusieurs processus complexes (Babault in Mnara, 2005). Les ennemis naturels attribuent un rôle primordial dans la régulation des populations du Bombyx disparate tout en reconnaissant l'importance de la discordance phénologique entre le débourrement et l'éclosion des chenilles, l'état de la plante hôte et les conditions climatiques du milieu (Villemant, 1993).

### 6.1. Les plantes hôtes

Les chenilles du Bombyx disparate sont très polyphages, colonisant près de 400 hôtes, généralement des feuillus. Comme la plupart des insectes polyphages, *L. dispar* a ses préférences. Le chêne-liège est l'hôte préférentiel sur lequel il se développe rapidement le mieux et où les femelles sont les plus fertiles. Le hêtre, le châtaignier et autres fagacées sont recherchés en l'absence du chêne-liège (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001). En phase de culmination, les arbres fruitiers à pépins et à noyaux sont dévastés. *Lymantria dispar* ne colonise les résineux qu'en cas de famine car il prospère très mal sur ces arbres hôtes secondaires (Fraval et al., 1989 ; Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001).

La nature de la plante-hôte intervient sur la durée et l'intensité des gradations, des pontes issues de parents bien nourris, renferment au terme de l'écophasse œufs environ 5%

d'individus morts (Questienne & Fraval, 1977). Dans le cas où les conditions trophiques sont mauvaises, les œufs succombent en plus fortes proportions (Fraval *et al.*, 1977). Les chênes sempervirens, sont les essences les plus recherchées par *Lymantria dispar* (Villemant, 2006). Les pullulations les plus longues s'observent dans les vastes étendues de subéraies pures (Ben Jamaa *et al.*, 2002). La réaction des chênes sempervirens à la défoliation totale est le principal mécanisme de régulation des populations de l'insecte (Fraval, 1984 ; Herard, 1984).

## **6.2. Les facteurs climatiques**

La dynamique des populations de *Lymantria dispar* est un phénomène cyclique dont la période et la durée varient selon les régions en fonction des différents facteurs climatiques (Villemant, 2005). Le climat semble agir de façon indirecte en modifiant le substrat alimentaire ou de façon directe sur l'insecte (Fraval, 1986).

La résistance des œufs de *Lymantria dispar* au froid est remarquable, une température de -32°C n'affecte pas les œufs protégés par la neige (Fraval & El Yousfi, 1987), mais une gelée tardive peut provoquer la mort des chenilles à l'éclosion et interrompt brusquement une infestation. Le froid agit aussi en retardant le débourrement des chênes mais les chenilles nouveau-nées peuvent supporter un jeûne prolongé (Fraval, 1986). En ce qui concerne l'effet du climat sur le stade chenille, les étés chauds et secs raccourcissent la durée de développement et déséquilibrent le sex-ratio des adultes en faveur des femelles, ce qui favorise l'explosion des populations (Villemant, 2006). Pour les autres facteurs climatiques, la lumière agit sur le support de l'insecte en modifiant ses qualités nutritives (Potack in Fraval, 1986). Le vent est par excellence un véritable véhicule de la dispersion des chenilles de l'espèce. Les comportements de dispersion des chenilles sont liés à leur densité et à leur alimentation. Le vent n'intervient que dans des limites étroites de vitesses (de 1 à 3 m/s) (Fraval *et al.*, 1989). Pour les chenilles du premier stade, en l'absence de nourriture, elles tissent un fil de soie et se laissent emporter par le vent sur de longues distances. Au premier stade larvaire, certains poils sont ornés de petites vésicules remplies d'air appelées aérophores qui favorisent l'entraînement par le vent de ces chenilles d'une longueur de 2 mm et ne pesant guère un poids de 1 mg. (Villemant, 2003). Ce procédé de déplacement est le moyen de propagation de nouveaux foyers d'infestation du Bombyx disparate.

### 6.3. Les auxiliaires parasites et prédateurs

Toutes les niches écologiques, ou écophases sont occupées par des parasites et sont la proie de plusieurs espèces d'insectes et autres. La synthèse des données recueillies est représentée dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Les ennemis naturels du Bombyx disparate et leur importance

Auxiliaires	Statuts	Taux d'efficacités	Sources
<i>Ooencyrtus kuwanae</i>	Ooparasite	Parasite jusqu'à 60% d'œufs	Khous (2000)
<i>Anastatus disparis</i>	Ooparasite	Parasite jusqu'à 15% d'œufs	Feuster et al (1988)
<i>Crematogaster</i>	Oophage	--	Hérard et Fraval (1980)
Larves de la famille des Dermestidae	Oophage	Détruit jusqu'à 50% d'œufs	Hérard et Fraval (1980)
<i>Apanteles</i>	Parasite des jeunes chenilles	Parasite entre 20 et 25%	Delepiney, 1927 in villemant (1993)
<i>Glyptapanteles</i>	Parasite des jeunes chenilles	Impact limité	Fraval et Hérard. (1975)
<i>Meteorus pulchricor</i>	Parasite des chenilles âgées	Parasite jusqu'à 25%	Kassim, 1988)
Les tachinaires	Parasite des Chenilles âgées	Parasite jusqu'à 10%	Kassim, 1988)
<i>Brachymeria intermedia</i>	Parasite des chrysalides	Parasite jusqu'à 50%	Ferriere, 1927 in villemant (1993)
<i>Monodontomerus</i>	Parasite des chrysalides	Impact limité	Babaul, 1975 in Villemant (1993)
<i>Calosoma sycophanta</i>	Prédateur des chenilles et des chrysalides	Ce prédateur est très actif tant à l'état de larve que d'insecte parfait.	Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger (2001)

Les pentatomides, les cantharides, les ouvrières des fourmis, les crapauds, les lézards, les oiseaux et les souris	Prédateurs des chenilles	Ce groupe de prédateurs s'attaque aux chenilles échouées au sol forestier	Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger (2001)
--	--------------------------	---	--

Les ennemis naturels de *Lymantria dispar* sont très diversifiés, leur nombre ainsi que leur rôle dans la régulation des populations du ravageur varie d'une région à l'autre et dépend de l'année de la gradation. En Europe occidentale, il est reconnu que le complexe des ennemis naturels de *L. dispar* et notamment l'action synergique du virus et des parasitoïdes suffit le plus souvent à faire échec au ravageur (Luciano et Andrea, 2005). Selon Fraval (1984) au Maroc, chacune des écophases successives possède son cortège d'ennemis naturels, qui est peu diversifié par rapport à ce qu'on connaît du reste de son aire de répartition.

#### 6.4. Les maladies

Au cours de son développement, le Bombyx disparate est souvent attaqué par divers microorganismes, bactéries, virus et champignons. Les virus de la polyèdrose nucléaire sont les maladies naturelles les plus destructives au cours des pullulations (Khouss, 1991). Les chenilles acquièrent le virus par ingestion ou par la piqûre d'un parasite dont la tarière est souillée de polyèdres. La mort survient environ une semaine après l'infection (Villemant, 2006). La chenille infectée par le virus reste suspendue dans la position d'un V inversé (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001).

## 7. Dégâts et nuisances

### 7.1. Impact sur le chêne-liège

L'action trophique des chenilles se traduit par la réduction, puis souvent par l'anéantissement des fonctions exercées par les feuilles, notamment la photosynthèse. Les organes de reproduction sont consommés. La refeuillaison mobilise à contre-saison des réserves. L'approvisionnement de la litière est perturbé (Fraval *et al.*, 1989). L'ensemble concourt à affaiblir l'arbre qui ne récupère qu'au bout de 3 ou 4 ans (Luciano *et al.*, 1982 in Fraval, 1989). Cette perte de vigueur rend le sujet attaqué plus facile à l'installation des xylophages et des champignons lignivores et aura de graves conséquences, si elle coïncide avec une période de sécheresse ou bien avec des interventions de démasclage traumatisantes (Fraval *et al.*, 1989).

Le résultats des défoliations successives de *Lymantria dispar* se traduisent par des pertes qualitatives et quantitatives sur le liège (Grison, 1973 in Fraval *et al.*, 1989). A ce sujet, Boudy (1950) estime que 3 années de défoliations consécutives provoquent une réduction estimée à 12% de la quantité de liège récolté au bout de 12 ans, et 16% pour le liège de 9 ans. Luciano *et al.* (1982), indiquent une perte de 60% pour l'année de la défoliation et de 32% pour l'année qui suit (Fraval, 1989).

### 7.2. Répercussion des dégâts sur les cultures proches de la forêt

Les jeunes chenilles du Bombyx disparate sont transportées très souvent par le vent hors de la forêt (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001). De même par sa polyphagie, en cas de surpopulation, *L. dispar* provoque localement des dégâts sur les pépinières et les plantations forestières, sur les arbres fruitiers et les cultures avoisinantes. Ces déprédations n'ont jamais été évaluées en termes économiques et n'ont fait l'objet que de signalisations (Questienne & Fraval, 1977).

### 7.3. Les désagréments occasionnés par les chenilles

Les défoliations perturbent les activités humaines liées à la forêt. En surpopulations, les cabanes et les puits des riverains sont envahis par les chenilles. Le fonctionnement de certains établissements installés à proximité immédiate de la forêt peut être gravement perturbé. Les pâturages, privés d'ombre, se dessèchent très vite, augmentant le préjudice causé aux riverains. L'inflammabilité du sous-bois augmente dangereusement (Grison, 1973

in Fraval *et al.*, 1989). La forêt prend une allure sinistrée et perd tout attrait touristique. Les chenilles, sont désagréables au touché et leurs chutes incessantes, leurs tentatives d'escalade, font fuir rapidement l'observateur (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001).

#### **7.4. Conséquences sur la forêt**

Lors de la phase de culmination, la densité des chenilles devient considérable et les surfaces des forêts défoliées peuvent atteindre des dizaines de milliers d'hectares (Villemant, 2003). Ces estimations quantitatives des dégâts de *L. dispar* sont à examiner en fonction du contexte économique. Dans les pays où le bois de chêne-liège n'a aucun usage noble, les pertes provoquées à ce niveau par le ravageur sont limitées (Nierhaus-Wunderwald & Wermelinger, 2001). L'impact sur le liège dépend du prix de ce matériau, très fluctuant avec la qualité généralement mauvaise dans les subéraies atlantiques et, surtout, avec la demande dépendant du marché international. La glandée est retardée de quelques années par la défoliation, ce qui entraîne des pertes économiques bien plus importantes que celles relatives au liège. Il est important de souligner que le chêne-liège produit des glands doux très recherchés en Espagne dans la fabrication d'huile et l'alimentation de porcs d'élevage; la production escomptée est de 700 à 1 000 kg/ha/an (Fraval *et al.*, 1989).

### **8. Protection et mesures préventives**

Les dégâts du Bombyx disparate et les nuisances qu'il engendre entraînent très souvent des interventions pour contrôler les infestations. La décision de lutte accompagnée du choix de la période, du lieu et du procédé fait intervenir des considérations d'ordre entomologique, sylvicole, pastorale, écologique, économique, voire même politique (Fraval *et al.*, 1989).

#### **8.1. Contrôle**

L'irrégularité temporelle des dégâts, liés à la variation des conditions climatiques et des cycles endogènes de la dynamique des populations d'insectes ravageurs, rend difficile et complexe l'analyse de l'état sanitaire des forêts et à fortiori son bilan (Fraval *et al.*, 1989). Un dispositif de surveillance phytosanitaire en permanence de la forêt, cohérent et structuré doit être mis en place pour réunir les informations concernant l'évolution et la dynamique des populations des ravageurs forestiers en général. Les éléments recueillis permettront d'établir un tableau périodique quantifiant la situation phytosanitaire des forêts.

Il permet d'évaluer, de prévoir, et de prévenir les dommages dans leur fonction d'alerte. Ce système permet de détecter les espèces invasives avant leur pullulation. La réussite du programme de surveillance dépend des compétences et des structures existantes des gestionnaires forestiers, de la recherche et de la vigilance des riverains. La trilogie gestion-surveillance-recherche permet d'établir une approche intégrée des problèmes phytosanitaires dans le milieu forestier (Luciano et Roversi, 2005).

Dans le cas de *Bombyx disparate*, le dénombrement des pontes est un élément fondamental pour prédire des infestations d'envergure. Au-delà de quatre pontes par arbre, il est possible qu'une pullulation se manifeste l'année suivante (Nierhaus-Wunderwald *et al*, 2001). Dans un peuplement de chênes, le dénombrement des pontes s'effectue en général sur un effectif de 40 arbres. De même, un prélèvement de trente pontes est nécessaire afin d'analyser et d'estimer la fécondité de la génération parentale. D'autres observations et analyses complémentaires sur l'estimation de taux de démantèlement et de feuillage d'accueil sont d'une grande importance dans la protection future contre le *Bombyx disparate* (Fraval *et al*, 1989).

## **8.2. Moyens de lutte pratique**

***Lutte mécanique*** : Les peuplements forestiers envahis par le *Bombyx disparate* au cours des gradations antérieures ont connue plusieurs interventions mécaniques. Pour les petites surfaces, les jeunes chenilles (2,5 cm de long au plus) peuvent être éliminées au printemps à l'aide d'un puissant jet d'eau. La capture des chenilles de plus grande taille se fait en entourant le tronc d'une toile de jute de 30 cm de large que l'on attache avec une ficelle à l'extrémité supérieure. Les chenilles recherchent ces endroits pour se protéger durant le jour et seront quotidiennement éliminées. Les bandes adhésives, sont un autre moyen de lutte, elles sont fixées autour du tronc pour la capture et la destruction des chenilles ( Nierhaus-Wunderwald *et al*, 2001). L'arrachage et la destruction des pontes, restent l'intervention la plus pratiquée dans divers pays notamment au Maroc (Fraval, 1989).

***Les interventions physiques*** : L'utilisation des pièges lumineux et sexuels réduit considérablement les effectifs des populations adultes (Nierhaus-Wunderwald *et al*, 2001).

**Utilisation des auxiliaires parasites et prédateurs:** Divers ennemis naturels ont fait l'objet de lutte contre le Bombyx disparate.

Parmi les parasites les plus utilisés, le chalcidien, *Ooencyrtus kuvanae*, reste le plus performant. Cet Hyménoptère ooparasite est originaire du Japon. Il a été introduit en Amérique du Nord dès 1909 (Balachowsky et Mesnil, 1935), et à partir de là en Europe, puis au Maroc. *O. kuvanae* s'est facilement acclimaté en Algérie. Son action reste limitée, il apparaît incapable d'empêcher les pullulations cycliques du Bombyx disparate (Fraval *et al*, 1989). Les parasites des stades larvaires appartenant aux braconides sont aussi acclimatés aux Etats-Unis. L'espèce, *Apanteles solitarius* est un exemple.

Les espèces, *Calosoma sycophanta* et *C. inquisitor* prédateurs actifs des chenilles de *Lymantria dispar*, ont fait l'objet de lutte contre les pullulations du Bombyx disparate en Europe et en Afrique du Nord (Balachowsky et Mesnil, 1935).

**Lutte microbiologique :** Plusieurs virus pathogènes ont été déterminés et testés comme moyen de lutte contre *L. dispar*. Il s'agit surtout des virus responsables de la polyédrose nucléaire, les plus prometteurs. Généralement les larves portent le virus à l'état latent qui est transmis de génération en génération et s'active dès que la population de *L. dispar* atteigne une densité élevée (Fraval *et al*, 1989). En Algérie, des cas de polyédrose ont été enregistrés chez quelques populations de *Lymantria dispar* notamment dans les yeuseraies de la région de Tikjda (Khouss, 1991).

L'usage des préparations à base de *Bacillus thuringiensis* ("BT") est actuellement l'agent de lutte le plus utilisé contre *L. dispar*. Le produit est commercialisé sous forme de poudre mouillable, appliqué par un traitement aérien ou terrestre contre les deux premiers stades larvaires. Les chenilles du troisième stade ne sont sensibles qu'à des doses considérablement plus élevées (Fraval *et al*, 1989). L'application de cette méthode nécessite une certaine organisation spatio-temporelle. Dans un premier volet, l'abondance de la population du Bombyx doit être bien notée annuellement. Avant l'application pratique, les zones à traiter doivent être délimitées avec la période de l'intervention. Selon les enquêtes conduites auprès du service forestier, plusieurs chênaies infestées par le Bombyx disparate ont fait l'objet d'un traitement localisé au *Bacillus thuringiensis* aux cours des années 2007 et 2009.

***Autres méthodes de lutte possible :*** Des extraits de feuilles et de fruits de *Melia azedarah* (Méliacée), pulvérisés sur des chênes liège infestés ont montré un effet anti-appétant sur les chenilles du *Bombyx disparate* (Atay-Kadiri et al, 2002).

## DEUXIEME CHAPITRE

### PRESENTATION DES PRINCIPALES PLANTES HOTES DU BOMBYX DISPARATE

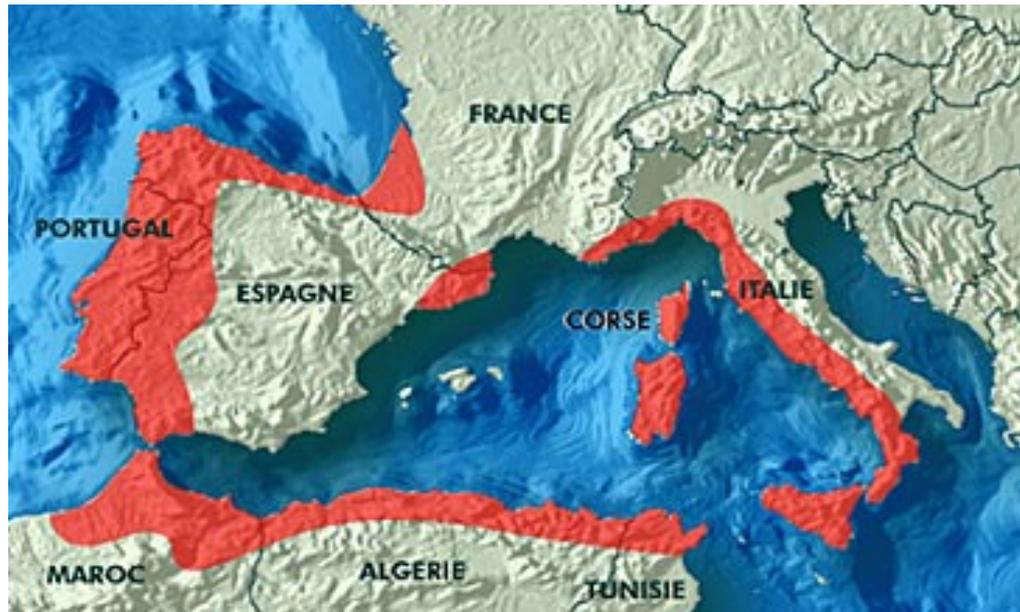
#### 1. Le chêne-liège *Quercus suber* L,

##### 1.1. Généralités

Le chêne-liège est une espèce endémique, elle occupe une aire naturelle restreinte qui prospère exclusivement autour du bassin de la méditerranée occidentale, tout en débordant sur les côtes atlantiques, sous l'influence de l'océan et de la mer méditerranée, se trouvent réunies les conditions climatiques favorables à sa croissance (Boudy, 1950). Malgré la présence de quelques spécimens en Grèce, la Sicile est considérée comme la limite nord orientale de l'espèce. La limite nord en France se situe au 44° parallèle (Bordeaux) et la limite sud, le 33° parallèle au Maroc (Casablanca) (Quezel, 1976). Les quantités pluviométriques annuelles dans ces zones varient de 400 à 800 mm. et la température n'y descend pas en général en dessous de 5°C. Ces conditions climatiques conviennent à la croissance du chêne-liège qui prospère par des étés secs et par des hivers doux. L'espèce croît aussi bien en plaine qu'en montagne (Chiheb et Aouad, 1998).

Le chêne-liège a été introduit dans plusieurs pays comme l'Amérique, la Russie, le Japon, l'Australie, mais sans donner une grande satisfaction ; soit il n'a pas poussé, ou lorsqu'il pousse la production de liège est très limitée. De même, lorsqu'on a réussi à avoir du liège après des soins de culture et d'exploitation très onéreux, il n'a pu résister au premier écorçage qui le dépouillait de sa protection naturelle (Oukhrouf, 1996).

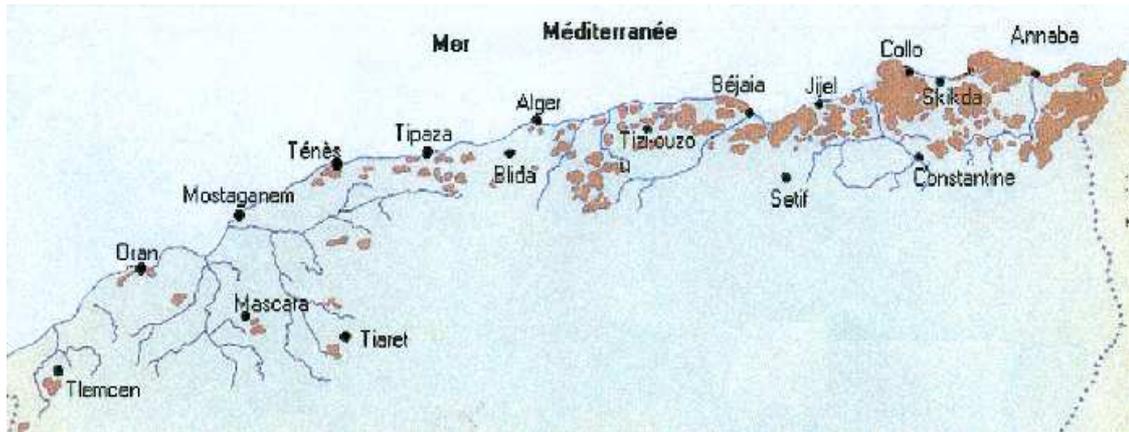
Les peuplements naturels de chêne-liège occupent une superficie de 1.704.000 millions d'hectares réparties entre; le Portugal, l'Espagne, l'Algérie, le Maroc, la Tunisie, la France et l'Italie (Eurofor, 1994 in Oukhrouf, 1996). La figure 1, tirée du journal de l'Institut méditerranéen de liège, illustre la distribution de chêne-liège dans le monde.



**Figure 11.** Le chêne-liège dans son aire géographique

### 1.2. Le chêne-liège en Algérie

Le chêne-liège est présent sur 450.000 ha, mais il constitue de véritables subéraies que sur 150.000 ha. La subéraie couvre trois faciès : l'occidental montagnard, l'oriental littoral et l'oriental montagnard (Yessad, 2001). Les principales subéraies algériennes sont localisées dans le Tell oriental, situées essentiellement en zones sub-humides et humides au nord-est de l'Algérie jusqu'à la frontière tunisienne (Zeraia, 1982). L'espèce s'étend d'une manière assez continue le long de la zone littorale et reste disséminée sous forme d'îlots de moindre importance dans la partie ouest. Selon les données de la Direction Générale des Forêts de l'année 2004, sa superficie productive est évaluée à 230.000 ha. Les plus vastes massifs sont localisés au nord est du pays, région renfermant à elle seule près des 4/5 de la subéraie algérienne (Boudy, 1950 ; Natividade, 1956), La répartition géographique du chêne-liège en Algérie est illustrée par figure 12.



Quezel (1956)

**Figure 12.** Carte d'occupation de chêne-liège en Algérie

### 1. 3. Biologie et écologie de chêne-liège

Le chêne-liège appartient à l'embranchement des Angiospermes, à l'ordre des Fagales, à la famille des Fagacées et au genre *Quercus* qui regroupe une diversité spécifique de l'ordre de 500 espèces (Natividade, 1956). La synthèse des résultats établie par Arambourg *et al.* (1952) à partir de bois fossiles, a révélé que le chêne-liège appartenait au pliocène supérieure (Quezel, 2000).

Le chêne-liège est un arbre de grandeur moyenne, de 10 à 16 mètres. En Afrique du nord et au Portugal, il peut atteindre de 15 à 20 mètres de hauteur (Plaisance, 1977). Son port est variable en fonction de la densité du peuplement, le tronc est court et le houppier est étalé dans les peuplements clairs ou longs, élancé dans les peuplements denses. La circonférence atteint en général 70 centimètres entre la classe d'âge de 30 et 40 ans selon les conditions de croissance. Dans les peuplements âgés, certains arbres peuvent atteindre jusqu'à 5 mètres de circonférence (Yessad, 2001).

La longévité du chêne vert varie de 250 à 300 années mais les levées successives, les éventuels incendies et les conditions situationnelles, diminuent fortement cette espérance de vie. En Algérie et au Maroc, les vieux arbres de chêne-liège dont l'âge est compris entre 220 à 250 ans sont représentatifs. La longévité moyenne est estimée à 150 ans (Boudy, 1950 ; Vignes, 1990).

Selon la composition floristique, il existe plusieurs types de formations écologiques; subéraies pures de basses altitudes, la subéraie à *Quercus robur*, la subéraie à *Quercus*

*pubescens*, la subéraie à *Quercus canariensis*, la subéraie à *Pinus pinaster*, la subéraie pure de moyenne altitude, la subéraie à *Quercus ilex*, la subéraie à *Pinus halepensis*, la subéraie à *Quercus coccifera* et la subéraie à *Cedrus atlantica*, (Yessad, 2001).

#### **1.4. Importance économique**

Les subéraies jouent un rôle socio-économique très important, elles sont considérées comme les formations les plus productives des forêts méditerranéennes (Bouslihim, 1996). En Algérie, ces forêts tenaient et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique de la majorité de la population riveraine, car elles constituent, grâce à leur sous bois, un riche terrain de parcours pour un cheptel d'ovin, bovin et surtout de caprin). Ce droit d'usage dont bénéficie gratuitement cette catégorie de population participe par conséquent, à la richesse d'un pays (Zine, 1992). Au Maroc par exemple, la récolte du liège contribue chaque année à la création de près de 600.000 jours de travail (Bouslihim, 1996) dont 214 000 jours de travail par l'intermédiaire des opérations réalisées directement en forêt, et 255500 jours de travail par le biais des industries de transformation de liège (Bouhou, 1996). Les premières utilisations de liège remontent à 500 ans avant Jésus Christ dans le bouchage des jarres. Les premières civilisations humaines ont utilisé successivement le liège selon leurs besoins et connaissances du produit (Margot, 2006). Par ses propriétés physiques et mécaniques, le liège occupe une place importante dans l'économie industrielle. Ses principaux domaines d'utilisation se résument selon Guinier (1947) comme suit :

- Il est utilisé comme bois de chauffage de bonne qualité.
- Dans l'emballage et plus particulièrement pour la bouchonnerie
- Dans le bâtiment, comme produit isolant thermique de premier ordre.
- Dans la fabrication des semelles, il est très conseillé pour les chaussures orthopédiques
- Il est utilisé comme joint dans l'industrie mécanique et des fluides, de même que dans l'isolation antivibratoire lors de l'installation d'équipement.

### 1.5. Principaux déprédateurs de chêne-liège

Le chêne-liège comme chaque essence a ses insectes spécifiques dont certains lui sont strictement liés. D'autres groupes peuvent lui provenir d'arbres ou végétaux existant dans son biotope. Les insectes sont largement répartis dans les milieux où ils trouvent leur alimentation. Dans un environnement végétal, pour une espèce, on classe les insectes selon leur régime alimentaire (M'hirit *et al*, 2006). Les défoliateurs sont les principaux ravageurs du chêne-liège. Le Bombyx disparate est le Lépidoptère qui provoque les dégâts les plus spectaculaires parmi tout ceux qui vivent au dépend du feuillage du chêne-liège. Les principaux phyllophages autres que *Lymantria dispar* sont *Orgyia trigotephras*, *Catocala nymphagoga*, *Tortrix viridana* et autres espèces de la famille des géométridae (Chakali et Ghelem, 2008). Le chêne-liège est aussi victime des attaques de plusieurs espèces d'insectes xylophages. Certains, sont capables d'attaquer l'arbre sur pied et sont dits primaires. Il existe trois espèces quasi-primaires, ce sont le Grand Capricorne, *Cerambyx cerdo* le Platype, *Platypus cylindrus*, et le Gâte-bois, *Cossus cossus*. Le gradient de déclin du chêne-liège par l'espèce xylomycophages, *P.cylindrus* a fait l'objet de recherches au Portugal par De Sousa (1996) et en Algérie par Bouhraoua (2003). D'autres espèces plus secondaires de Coléoptères faisant partie des familles de Cerambycidae, de Bostrychidae, de Scolytidae, et des Buprestidae s'attaquent fréquemment aux arbres ayant une déficience physiologique (Villemant et Fraval, 1999).

Au cours des glandées très souvent les charançons et les tordeuses diminuent considérablement la régénération en subéraies, parmi les tordeuses des glands, l'espèce polyphage *Cydia fagiglandana* est l'une des plus fréquentes dans les glands en Algérie (Chakali *et al*, 2002).

En Algérie, les forêts de chêne-liège sont soumises au même titre que les autres formations forestières méditerranéennes, à des conditions environnementales peu favorables ; sécheresse prolongée, sol à faibles réserves en eau, incendies fréquents et pâturage excessif. Ces facteurs réunis ont fragilisé et rendu les forêts Algériennes en général et les forêts de chêne-liège en particuliers vulnérables vis-à-vis des actions des agresseurs. La réhabilitation de cet écosystème nécessite des programmes nationaux et même internationaux. Parmi les programmes déjà mis en œuvre, on peut citer ceux du groupe d'étude « **Protection intégrée des forêts de chênes** » créé en 1993 au sein de l'OILB (Organisation Internationale de Lutte Biologique et Intégrée contre les animaux et les Plantes Nuisibles). Ce cadre d'échange de connaissances entre les chercheurs de différents

pays de l'Europe et de l'Afrique du Nord s'intéressant aux problèmes liés à l'état sanitaire des chênes en général et du chêne-liège en particulier (Bouhraoua, 2003).

## **2. Le chêne vert, *Quercus ilex***

### **2.1. Généralités**

Le chêne vert appartient à l'embranchement des Angiospermes, à l'ordre des Fagales, à la classe des Dicotélydones et fait partie de la famille des Fagaceae (Jacquiot, 1938 ; Boudy, 1950). Le chêne vert est un arbre de taille moyenne variant de 8 à 10 mètres, pouvant atteindre de 15 à 20 mètres de hauteur et acquérir 2 à 3 mètres de circonférence dans les stations les plus favorables. L'espèce présente une longévité qui peut atteindre 300 ans sur les faciès humides et fertiles, sa longévité moyenne est de l'ordre de 200 ans (Boudy, 1952). Le chêne vert est une essence xérophile, adaptée à un climat lumineux, chaud et sec. Il supporte difficilement des hivers très rigoureux. Pour sa fertilité il n'est pas très exigeant. Quand il est concurrencé par d'autres essences, il colonise les parties rocheuses, c'est le cas noté dans les stations les plus élevées ou les plus septentrionales (Guinier, 1947).

Le chêne vert est l'une des principales essences forestières en Algérie. Boudy (1955) évalue sa superficie à 700.000 ha. Sa superficie potentielle est estimée à 1.807.000 ha (Micchaud *et al.*, 1955). En Algérie, les chênaies vertes présentent en plus de la péjoration climatique liée à la région méditerranéenne, une forte action anthropozoïque. De ce fait, les stades forestiers plus ou moins stables sont très rares. La chênaie se présente dans la plus part des cas sous forme de taillis et de matorrals plus ou moins dégradés dont le cortège floristique tend à être homogénéisé par l'influence anthropique (Dahmani, 1997).

## **2.2. Importance économique**

Le bois de chêne vert, de structure particulière, est remarquablement homogène, coloré, très dur et lourd c'est un excellent bois de chauffage recherché aussi pour la carbonisation. Le bois des arbres à une dimension exceptionnellement est utilisé pour le charronnage et la tournerie. L'écorce est très appréciée en tannerie, les fruits sont comestibles, le feuillage quant à lui est utilisé en médecine contre les hémorragies, les dysenteries, les vers intestinaux, les ulcères, les dartres et les maladies de la peau (Guinier, 1947).

## **2.3. Les insectes nuisibles**

Le chêne vert présente un cortège d'ennemis naturels très comparable à celui de chêne-liège. Un passage stratégique spatio-temporel de divers défoliateurs et xylophages s'effectue entre ces deux plantes hôtes. Les périodes de débourrements conditionnent en grande partie l'installation des populations de divers groupes d'insectes particulièrement les Lépidoptères (Chakali *et al.*, 2002).

## **3. Le châtaignier, *Castanea sativa* L,**

### **3.1. Généralités**

Le châtaignier est une espèce d'Angiosperme appartenant à l'ordre des Fagales, à la famille des Fagacées et à la tribu des Castanoïdées (Dekoumi, 1978). C'est un arbre à feuilles caduques, sa taille varie entre 25 et 30 mètres (Tricaud, 1913).

L'espèce se prête à des modes de traitement très variés. Elle est rencontrée en forêt, soit pure et traitée en taillis simple, soit mêlée à d'autres essences (chêne, bouleau) et formant à la fois des cépées et des arbres de réserve. La plantation fruitière est la plus répandue et produit le plus grand revenu. Le châtaignier a une croissance en diamètre deux et trois fois plus rapide que celle du chêne-liège, aussi rapide que celle de certains conifères. Il donne des fruits tout au long de sa vie, largement à partir de l'âge de 20 à 25 ans (Camus, 1929). C'est un arbre tempéré qui ne tolère ni forte chaleur ni une sécheresse persistante. Il redoute les hivers très froids. Une chaleur douce, régulièrement répartie le long de l'année lui convient. Il exige une certaine quantité de pluie, principalement en automne, période de formation des fruits. Le châtaignier est une espèce calcifuge, peu exigeante en éléments fertilisants (Maire, 1961).

Le châtaignier existe en Algérie par pieds isolés ou en peuplements très restreints d'Est en Ouest, le châtaignier se localise à El-Kala à 800 mètres d'altitude, à Sidi Ali Bounab (à 18 kilomètres de la ville de Tizi Ouzou) à 800 mètres d'altitude. Au niveau du Parc national de Chréa, il existe une formation plus ou moins importante sur les hauteurs de Blida à une altitude de l'ordre de 1000 mètres (Dekoumi, 1978).

### **3.2. Importance économique**

Le châtaignier est l'un des plus beaux arbres à croissance rapide. Par la beauté de ses proportions, comme par son développement rapide, le châtaignier est un excellent arbre d'alignement et de bordure, il est aussi un arbre de pare-feux d'une efficacité extrême, faisant une ombre épaisse et étendue. L'arbre présente une longévité bicentenaire (Camus, 1929). Les fruits du châtaignier ont une haute valeur nutritive et une richesse en vitamine et en matière grasse. Ils sont consommés avec le plus grand profit par l'homme, lorsqu'ils sont de gros calibre. Les fruits de faibles dimensions sont destinés à l'alimentation des animaux domestiques. Le bois présente des usages multiples ; piquets de ferme, manches d'outils, utilisés pour les charpentes, en menuiserie et dans l'industrie des extraits tannants (Tricaud, 1913).

### **3.3. Insectes ravageurs**

Le châtaignier, quelque soit sa conduite au terrain est souvent attaqué par des champignons et des insectes dont certains peuvent être très nuisibles. Le Bombyx disparate et un défoliateur très redoutable des châtaigniers. En 2006, des attaques partielles de ce ravageur ont été signalées et suivies avec beaucoup d'attention. En 2007, des défoliations totales en phase de culmination du Bombyx ont concernées la châtaigneraie de Chréa (Boudissa, 2006). La pyrale, et le charançon du châtaignier sont également des déprédateurs à prendre en considération (Camus, 1929).

## **TROISIEME CHAPITRE**

### **MATERIELS ET METHODES**

#### **1. Sites d'étude**

Suite à la dernière gradation de *Bombyx dispar* apparue depuis l'année 2006 dans le massif forestier de l'Atlas Blidéen, une large prospection a été menée afin de localiser les foyers du défoliateur dans le but de tirer des informations écologiques et biologiques dans son biotope naturel.

Nos investigations préalables sur terrain, nous ont permis de retenir cinq stations regroupant des concentrations des populations du *Lymantria dispar* distribuées selon un plan altitudinal.

La description des sites d'études a été réalisée par des observations directes sur terrain. Des relevés de coordonnées géographiques ont été effectués et mémorisés pour chaque site retenu à l'aide d'un GPS 12XL (Global Positioning System).

#### **1.1. La subéraie de Bouarfa**

D'une superficie estimée à 99 ha, la subéraie de Bouarfa fait partie du massif forestier de Blida (Fig.13). Elle s'étend le long d'une ligne de crêtes, orientée NW-SE, dont les points les plus élevés culminent vers 600 m d'altitude. Elle présente un relief accidenté avec des pentes variables selon la position. La subéraie est localisée entre 2°80 00 0 E et 36° 43909 N, elle fait partie de l'étage bioclimatique subhumide à hiver tempéré caractérisé par des quantités pluviométriques variant de 600 à 900 mm par an. La sécheresse est essentiellement ressentie en été. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 17°C, la moyenne des minima de Janvier ne dépasse pas les 6°C.

La formation forestière choisie est constituée principalement d'un peuplement de chêne-liège sous forme de jeune futaie assez dense. Le sous-bois est composé principalement de ciste, *Cistus crispus* et *Cistus salvifolius* et des espèces de bruyères *Erica scoparia* et *Erica arborea*.



*(Originale, 2009)*

**Figure 13.** Vue générale de la subéraie de Bouarfa

### **1.2.Station à cyprès**

La station de cyprès se situe à 862 m d'altitude, se localise entre 36° 27 20 3 N et 02° 51 43 2 E, le terrain présente une pente de l'ordre de 10 %, La station rentre dans l'étage bioclimatique subhumide a hiver tempéré, elle est formée par le cyprès en association avec quelques sujets d'eucalyptus, de chêne vert, de cèdre de l'atlas et à sa proximité se trouve une formation pure de chêne-liège incendiée en l'année 2007 (Fig.14).



*(Originale, 2009)*

**Figure 14.** Vue générale de la station à cyprès

### 1.3. Châtaigneraie

La station de la châtaigneraie s'étend sur environ 9 ha et se localise à 1025 m d'altitude entre les coordonnées géographiques ; 36° 26 50 8 N et 02° 52 20 78 E. Le peuplement repose sur un terrain plus ou moins accidenté. La pente moyenne est estimée à 10 %. La station retenue appartient à l'étage bioclimatique subhumide a hiver tempéré. La quantité pluviométrique annuelle est de l'ordre de 700 mm en moyenne. La durée de la sécheresse ne dépasse pas les quatre mois par an. La température moyenne annuelle est évaluée à 17°C. Le châtaignier est une espèce introduite au Parc National de Chréa. La distance entre les sujets est de l'ordre de 4 mètres, le sous-bois est représenté par des tapis de plantes herbacées dominées par les espèces, *Centaurea montana*, *Muscari comosum*, *Daucus carota*, *Linum strictum* et *Rubus ulmifolius*.



(Originale, 2009)

**Figure 14.** Vue générale de la châtaigneraie

### 1.4. Station de cèdre en mélange avec le chêne vert

La station, se situe à une altitude de 1388m, localisée entre 36° 26 24 N et 02° 53 46 E. Le relief se caractérise par des pentes variables de 10 % à 20%, cette forêt naturelle de montagne est formée par de chêne vert dominés par le cèdre de l'Atlas qui présente un âge de l'ordre de 80 ans. Le sous bois est composé principalement des espèces arbustives et herbacées. La station se localise dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais (Fig.15).



(Originale, 2009)

**Figure 15.** Station mixte cèdre en mélange avec le chêne vert

#### **1.5. Station mixte chêne vert genévrier oxycèdre (Ain terralleur)**

La station se situe au voisinage de la précédente à une altitude de 1388 m, entre 36° 26 24 N, et 02° 53 46 E, Le terrain prospecté est très accidenté avec des pentes très prononcées allant jusqu'à 40 %. Elle est formée par une association typique composée de chêne vert et de genévrier oxycèdre. Le sous bois est constitué généralement par des espèces herbacées (*Centaurea montana*, *Daucus carota*, *Rubus ulmifolius*) et quelques espèces arbustives (*Cistus salvifolius*, *Erica scoparia* et *Erica arborea*), la station se localise dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais, et limitée par un ravin (Fig.17).



(Originale, 2009)

**Figure 17.** Vue générale de la station d'Ain terralleur

## 2. Méthodologie adoptée

### 2.1. Quantification des pontes dans les sites prospectés

Un dénombrement des pontes de *Lymantria dispar* a été mené sur différentes plantes hôtes ; chêne-liège, châtaignier, cyprès, genévrier, cèdre de l'atlas et le chêne vert. Le comptage des pontes conduit sur 30 arbres a été effectué en parallèle par deux personnes, afin de réduire au maximum la marge d'erreur possible et tirer des résultats plus significatifs, sachant que ce n'est pas tout le temps facile de rechercher toutes les pontes depuis le sol, et de séparer les nouvelles pontes de celles des générations précédentes surtout en phase de gradation de l'insecte (Fig.18). Chaque arbre est considéré comme unité d'échantillonnage pris selon un choix systématique en ligne. La méthode reste comparable avec celle utilisée par Herard et Fraval (1975), qui effectuent un choix de 30 arbres pris au hasard. A ce sujet, Villemant (1993) considère le dénombrement sur 40 arbres sélectionnés selon la méthode du plus proche voisin à vue, depuis le sol en parcourant du regard les branches charpentières et les rameaux, en explorant le tronc et ses anfractuosités. Le dispositif en croix est une méthode adoptée en Sardaigne par Luciano & Prota (1981; 1985), selon Fraval *et al.*, (1989) ce procédé reste le plus approprié à l'étude des populations du Bombyx disparate et à leur surveillance. Les méthodes des dénombrements restent discutables et sous la dépendance des stations et des peuplements forestiers retenus.



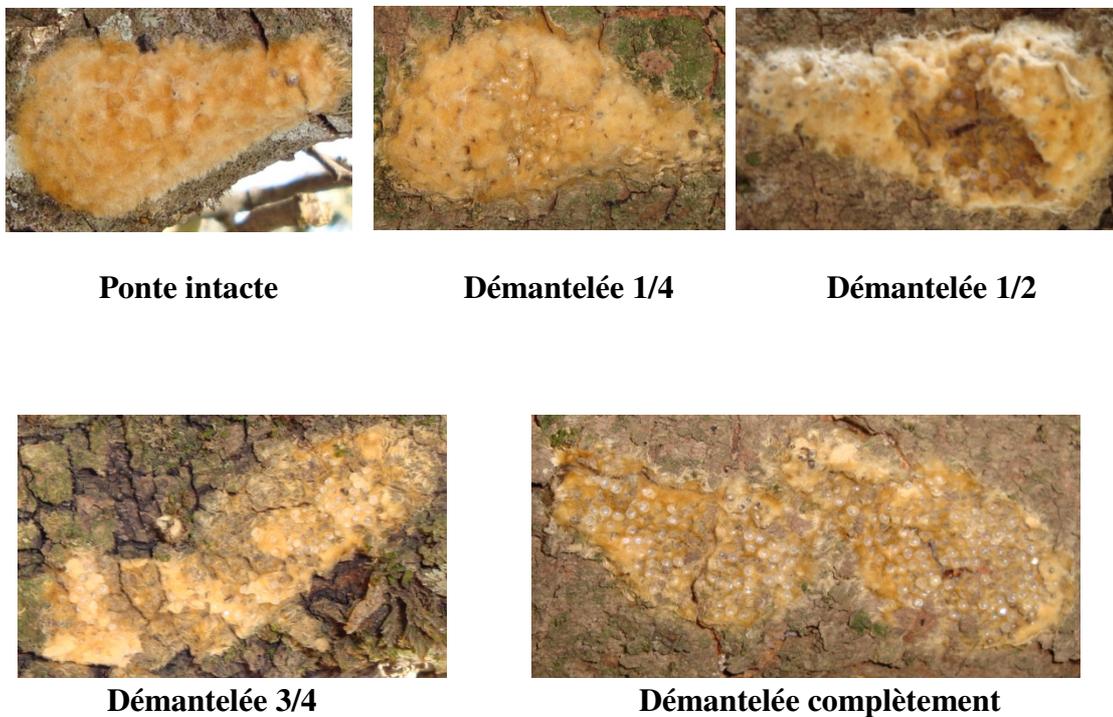
*Originale (2009)*

**Figure 18.** Exemple de pontes de deux générations du Bombyx disparate sur  
chêne-liège

## 2.2. Estimation des démantèlements par classe

Le taux de démantèlement des pontes est la part des œufs d'une ponte manquante sous l'action de divers facteurs particulièrement les prédateurs-démanteleurs. D'autres facteurs plus accidentels comme le bétail qui se frotte contre les troncs, l'action mécanique des branches voisines ou l'action de l'homme peuvent détruire une quantité appréciable de pontes. Parfois la totalité des œufs se détache mais dans ce cas on reconnaît encore pendant un certain temps les amas de poils des pontes qui adhèrent au support.

La méthode que nous avons adoptée pour l'estimation des taux de démantèlement est celle proposée par Herard et Fraval (1975), l'observateur attribue à chaque ponte un coefficient allant de 0 à 4, appelé taux de démantèlement, représentant la proportion en quarts (0, 1/4, 1/2, 3/4 et 4/4) de la surface manquante de la ponte (Fig.19).



(Originales, 2008)

**Figure 19.** Exemples des pontes par classe de démantèlements

La correspondance avec la part d'œufs perdus a été déterminée par Questienne et Fraval (1977). Les catégories de démantèlement appliquées sont consignées dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Estimation adoptée pour évaluer les taux de démantèlement des pontes de *Lymantria dispar*

<b>Taux de démantèlement</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Surface de ponte manquante (%)	0	0-25	25-50	50-75	75-100
Proportion d'œufs manquants (% moyen)	0	22	30	70	99

Les taux de démantèlement ont concerné les pontes quantifiées sur les 30 arbres retenus dans chaque station afin de tirer des renseignements sur la stratégie du choix de la plante hôte par les femelles pondeuses de *Bombyx disparate* selon l'altitude. Par ailleurs, deux récoltes de pontes ont été effectuées à deux dates différentes au cours de la période hivernale et printanière afin de répertorier la faune associée aux pontes dans les divers biotopes prospectés. Chaque prélèvement est constitué d'un lot de 30 pontes récoltées à une hauteur accessible à partir d'une dizaine d'arbres, soit en moyenne 3 pontes par arbre. Les pontes sont prélevées individuellement par grattage et conservées directement dans des piluliers de 6cm d'hauteur et de 3cm de diamètre.

Le matériel biologique récolté au terrain est examiné au laboratoire sous une loupe binoculaire. Les différents groupes de démantelers associés sont notés et les espèces dénombrées à l'état larvaire sont mis en élevage afin qu'ils poursuivent leur développement.

### **2.3. Suivi chronologique des écophases du *Bombyx* en relation avec l'altitude**

Au cours des années 2008 et 2009, des observations périodiques au terrain, en moyennes de 4 par mois, ont été conduites pour caractériser les divers états biologiques dans leur biotope. Du mois d'avril au mois d'août des deux années de prospections, un suivi régulier de deux visites en moyenne par semaine a été mené dans les stations afin de repérer les dates des différents stades de cycle biologique de l'insecte.

## **2.4. Plantes hôtes**

Au cours de nos investigations, nous avons répertorié les plantes nourricières du ravageur dans son environnement. Les indices retenus sont la présence des pontes, de larves en alimentation ou un déroulement de l'état nymphal.

## **2.5. Insectes compétiteurs du Bombyx disparate**

En phase de gradation, des observations directes sur les insectes en association sont notées parallèlement aux stades de développement du Bombyx disparate. Les principaux compétiteurs et les stratégies d'occupation ont fait l'objet de recherche directement au terrain.

# **3. Examen du matériel biologique récolté en provenance du chêne-liège**

## **3.1. Méthodologie de calcul des surfaces des pontes**

Dans un premier volet nous avons procédé à une recherche d'une équation modèle de calcul des surfaces des pontes. A partir des lots des pontes récoltées, nous effectuons des mesures des longueurs et des largeurs d'une dizaine de pontes pour un calcul théorique des surfaces en les assimilant à un rectangle (Fig.20). Les surfaces réelles sont calculées à partir des mêmes pontes considérées au préalable. A l'aide de ces deux variables nous recherchons une équation linéaire pour le calcul de toutes les surfaces des pontes mesurées.

Pour le calcul des volumes des pontes, les épaisseurs de chaque ponte sont notées aux deux extrémités et au centre, soit au total trois mesures par ponte afin de tirer des moyennes plus fiables.



**Figure 20.** Mensuration des pontes

### **3.2. Préparation et dénombrement des catégories d'œufs**

Les pontes mesurées sont récupérées individuellement dans des boîtes de Pétri, en gardant toujours le même numéro. Le matériel biologique ainsi préparé est examiné soigneusement sous une loupe binoculaire dans le but de noter la faune qu'elles renferment. Par la suite nous procédons à l'épilage des œufs en les frottant avec un pinceau fin dans un entonnoir pourvu d'un filtre. La maille du tamis est de l'ordre de 0,8 mm retenant même les œufs fragmentés, et laisse passer les poils. La technique adoptée est celle proposée par Herard et Fraval (1980).

Le dénombrement des différentes catégories d'œufs ; cassés, aplatis, parasités et secs a été effectué sous une loupe binoculaire. Pour les œufs éclos, un comptage quotidien de chenilles à l'émergence a été réalisé en enregistrant quotidiennement la température ambiante afin de tirer des renseignements sur la relation entre la température et les émergences au cours du temps.

Les œufs non viables peuvent être séparés des œufs viables par un tri direct sous la loupe binoculaire. Fraval *et al.*, (1989) et Villemant (1993) définissent les catégories d'œufs comme suit :

- Les œufs viables caractérisés par une coloration rose-orangé lors du dépôt de la ponte et deviennent brune noirâtre par la suite. Ils sont pleins et turgescents
- Les œufs secs sont d'un brun-noir opaque et contiennent une jeune chenille desséchée. Ils sont souvent légèrement aplatis
- Les œufs aplatis sont des œufs non fécondés ou dont l'embryon est mort.
- Les œufs parasités sont reconnaissables par des chorions très transparents et se distinguent facilement par la présence du trou de sortie circulaire de l'hôte parasite.
- Les œufs cassés sont des fragments de chorion correspondant à des morceaux d'œufs parasités ou dévorés par des prédateurs.

Les photos de la figure 21 illustrent les diverses catégories d'œufs



Œufs viables



Œufs éclos



Œufs aplatés



Œufs secs



Œufs parasités



Œufs casés

(Originales,2009)

**Figure 21.** Catégories d'œufs de *Lymantria dispar*

#### **4. Recherches de la faune associée aux pontes**

##### **4.1.Examen et analyse des échantillons**

Afin de dresser une liste comparative des prédateurs-démanteleurs de pontes prélevées dans les six stations retenues, nous avons dilacéré et examiné minutieusement les divers lots récoltés.

##### **4.2.Elevage au laboratoire**

Après avoir examiné les échantillons récoltés, les pontes comportant des larves de prédateurs sont mises en élevage au laboratoire afin qu'elles terminent leur développement. Les adultes qui émergent sont préparés et conservés pour l'identification.

#### **5. Biométrie et pesées des stades larvaires et nymphal du *Bombyx disparate***

Des lots de larves tous stades confondus et de nymphes en provenance du chêne-liège ont été récoltés au cours des stades de développement du *Bombyx disparate* pour l'analyse biométrique. Les mesures ont concerné les longueurs des chenilles ainsi que les longueurs et largeurs de leurs capsules céphaliques. Pour les nymphes nous avons effectué des mesures de longueurs et de largeurs maximales. Les pesées ont concerné les stades larvaires et le stade nymphal.

#### **6. Recherche des ennemis naturels**

Au cours de nos investigations sur le terrain et au laboratoire, nous avons effectué des observations directes sur les diverses niches écologiques afin de récoltés et d'identifier les prédateurs et les parasites de *Lymantria dispar*. Les parasites ont émergé en totalité au laboratoire à partir des échantillons mis en élevage au cours du temps.

**Tableau 3.** Synthèse des investigations entreprises pour chaque station.

Stations	Travail effectué
Subéraie de Bouarfa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptage des pontes</li> <li>• Dénombrement des œufs</li> <li>• Estimation des taux de démantèlement</li> <li>• Récolte et recherche de la faune associée aux pontes</li> <li>• Récolte et biométrie des stades larvaires</li> <li>• Pesées des larves et des nymphes</li> <li>• Suivi de cycle biologique</li> </ul>
Station de Cyprès	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptage des pontes</li> <li>• Estimation des taux de démantèlement</li> <li>• Récolte et étude de la faune associée aux pontes</li> </ul>
La châtaigneraie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptage des pontes</li> <li>• Estimation des taux de démantèlement</li> <li>• Récolte et étude de la faune associée aux pontes</li> </ul>
La station de cèdre de l'Atlas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptage des pontes</li> <li>• Estimation des taux de démantèlement</li> <li>• Récolte et étude de la faune associée aux pontes</li> </ul>
Ain tirayeur (Station mixte chêne vert-genévrier)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comptage des pontes</li> <li>• Estimation des taux de démantèlement sur chêne vert et sur genévrier</li> <li>• Récolte et étude de la faune associée aux pontes sur chêne vert et sur genévrier.</li> </ul>

## **7. Méthodes d'analyse statistique**

Les variables environnementales considérées sont ; la plante hôte et l'altitude, Celles liées à l'insecte, *Lymantria dispar* sont : le nombre de ponte et leur dimensions. Le deuxième aspect de l'analyse porte sur la quantification des catégories d'œufs ; les œufs viables, les œufs secs, les œufs parasités, les œufs éclos et les œufs plats

Des analyses statistiques descriptives se sont jugées indispensable et intéressantes dans une grande partie des cas pris en considération. Pour cela des analyses fréquentielles, des régressions linaires, des analyses croisées et des comparaisons des moyennes par anova se sont avérées nécessaires. Un classement hiérarchique des groupes de variables a fait l'objet de l'analyse statistique.

### **7.1. Régression linéaire**

La régression linéaire simple reste l'analyse la plus couramment utilisée dans divers domaines biologiques et autres. L'objectif est d'opter pour un modèle afin de tirer une relation fonctionnelle conduisant à tirer une meilleure relation. L'analyse a concerné les dimensions des pontes à la relation de leur nombre. Les cas considérés sont représentés par une variable explicative et une variable à expliquer. L'analyse des régressions et des corrélations nous a permis de déduire une équation modèle des calculs des surfaces des pontes sur le chêne-liège, principale plante hôtes de *Lymantria dispar*. De même les régression ont fait l'objet d'étude des liens possibles entre les longueurs, largeurs et les poids des chenilles et des nymphes. Le coefficient de détermination  $R^2$  calculé, évalue le degré d'association entre les deux variables considérées et permet de juger la qualité de l'ajustement des points par la droite de régression. En plus des  $R^2$ , les probabilités sont calculées pour chaque cas pour évaluer les degrés de signification. L'étude des régressions a été réalisée sous Excel 2007.

### **7.2. Distribution fréquentielle**

L'élément de base de la statistique est l'analyse fréquentielle des données recueillies. Elle représente la méthode pratique de la description d'une population ou d'un échantillon et d'en procéder avant tout à une distribution de fréquence. Ceci a pour objectif de caractériser les populations dans leur ensemble et de présenter les données sous une forme synthétique et sans perdre l'essentiel de l'information contenue dans les valeurs de la variable à établir. Les données sont classées, puis regroupées en classes en relation avec la signification de la

probabilité en relation avec le  $\chi^2$ . En statistique on postule souvent que les valeurs des données sont calculées à partir d'une population ayant une distribution normale. Cette analyse a concerné la distribution du nombre de pontes et leur biométrie. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica 6.2.

### **7.3. Anova**

Le but est de tester la signification entre les moyennes calculées. Des analyses à un facteur ont été effectuées pour tester des facteurs contrôlés ayant des modalités sur les moyennes d'une variable quantitative. L'analyse à plusieurs facteurs a été appliquée pour plusieurs cas de variables considérées pour l'étude des dénombrements des pontes et des catégories de démantèlements et des surfaces des pontes dans les divers biotopes prospectés. Ce dernier outil d'analyse exécute une extension de l'analyse de variance par un seul facteur afin d'inclure plusieurs échantillons pour chaque groupe de données. Dans la nature les variables sont nombreuses et très complexes, et des exemples où une seule variable explique un phénomène sont rares. Les tests anova ont été procédés à l'aide du logiciel Statistica 6.2.

## QUATRIEME CHAPITRE

### RESULTATS ET DISCUSSION

#### 1. Dénombrement des pontes

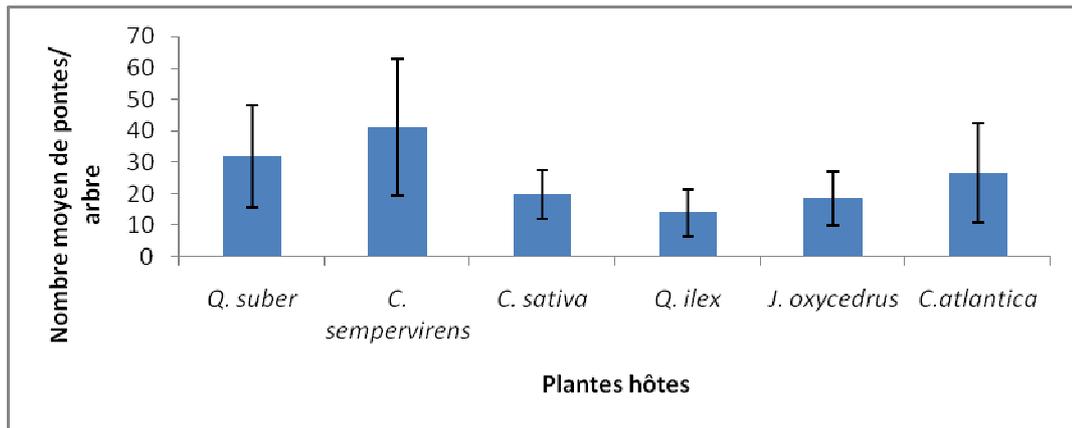
Les effectifs des pontes quantifiées sur les diverses plantes hôtes ; *Quercus suber*, *Cuprecus sempervirens*, *Castanea sativa*, *Quercus ilex*, *Juneperus oxycedrus*, et *Cedrus atlantica* sont regroupés dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Analyse descriptive des pontes quantifiées par plante hôte

Plantes hôtes	<i>Q. suber</i>	<i>C.sempervirens</i>	<i>C.sativa</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>J. oxycedrus</i>	<i>C.atlantica</i>
Nombre d'arbres échantillonnés	27	28	27	29	27	26
Nombre des pontes dénombrées	864	1151	534	408	504	694
Nombre moyen de pontes par arbre	<b>32,00</b>	<b>41,11</b>	<b>19,78</b>	<b>14,06</b>	<b>18,67</b>	<b>26,69</b>
Ecart-type	16,06	21,67	7,56	7,50	8,46	15,93
Valeurs extrêmes	12-80	14-85	3-32	5-31	4-31	1-61

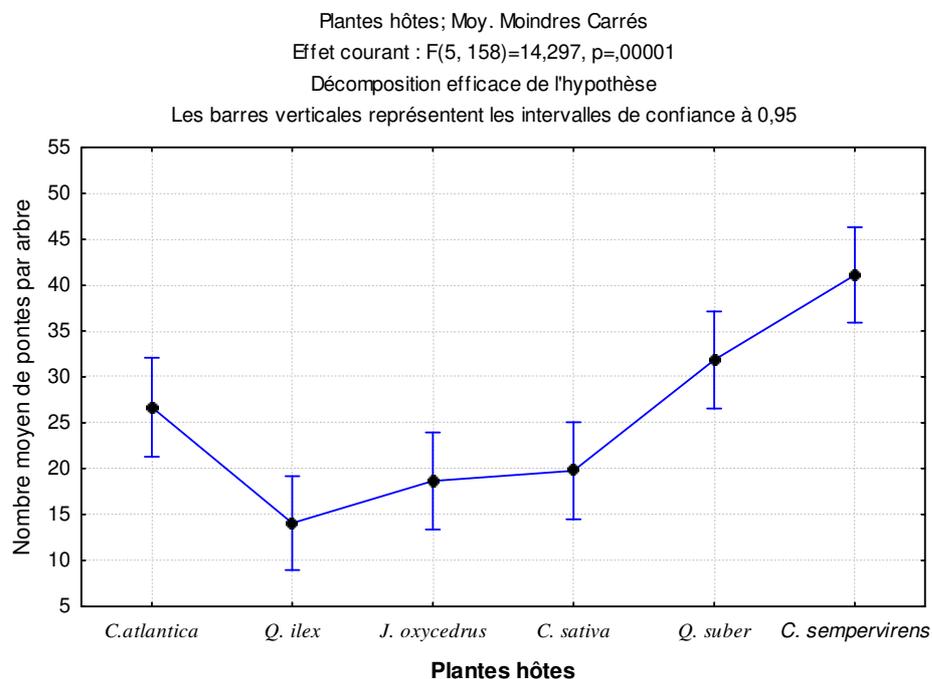
Le nombre moyen des pontes dénombrées sur une trentaine d'arbres par plante hôte varie de 14 à 41, avec des valeurs extrêmes très variables respectivement pour *Q. ilex* et *C. sempervirens*. Les moyennes calculées pour *C. sativa* et *J. oxycedrus* sont très comparables entre elles. Pour *Quercus suber* et *C. atlantica* les moyennes calculées sont respectivement de 32 et de 26 pontes par arbre avec des valeurs extrêmes très variables. Les écarts-types restent très élevés, variant de 7,56 chez *C. sativa* à 21,67 chez *C. sempervirens*. La figure 22, illustre davantage les moyennes et les écarts calculés entre les lots des pontes dénombrées sur les différentes plantes hôtes.

Dans les sites prospectés, les femelles de *Lymantria dispar* préfèrent pondre sur les résineux, en raison vraisemblablement de la morphologie de leurs branches, de leur architecture, de leur taille et de leur localisation, formant un biotope plus favorable aux femelles pondeuses qui recherchent des sites assurant une meilleure protection environnementale de leur descendance.



**Figure 22.** Variation du nombre moyen des pontes par plante hôte

En statistique descriptive, le calcul des moyennes peut faire perdre beaucoup d'informations en biologie. Pour cela nous avons procédé à des analyses de la variance afin de tirer des résultats plus fiables et plus complets. La comparaison des moyennes des pontes quantifiées sur les différentes plantes hôtes (Fig.23), montre une différence très hautement significative ( $p=0,0001$ ). Cette variation entre les espèces hôtes illustre bien que les femelles de *Lymantria dispar* ont tendance à sélectionner les plantes hôtes et les arbres sur lesquels vont pondre.



**Figure 23.** Comparaison des moyennes des pontes en relation avec les plantes hôtes

## 2. Évaluation des taux de démantèlements des pontes en relation avec les plantes hôtes

L'estimation des taux des démantèlements a été conduite à la fin de l'hiver. Les résultats des démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* par classe sont consignés dans les tableaux de 5 à 11.

**Tableau 5.** Démantèlement des pontes de *Lymantria dispar* sur chêne-liège

Classes	Pontes intactes	0 -25%	25 -50%	50 -75%	75- 100%
Nombre total des pontes	62	103	283	178	238
Nombre moyen par arbre	<b>2,30</b>	<b>3,81</b>	<b>10,48</b>	<b>6,59</b>	<b>8.81</b>
Ecart-types	2,09	3,32	9,13	5,03	6,06
Valeurs extrêmes	0-7	0-14	0-34	1-23	0-20

En période hivernale, le nombre moyen des pontes intactes et celles ayant subit un démantèlement inférieur à 25% sont très limitées, il est de 2,30 pontes par arbre pour la première catégorie et de 3,81 pour la seconde. Pour les trois classes supérieures les moyennes calculées sont plus élevées, variant entre 6,59 pour la classe comprise entre 50% et 75% et de 10,48 pour la classe de 25 à 50%. Sur la base de ces résultats, il apparaît une grande variabilité de la distribution des démantèlements par unité d'échantillonnage avec des écart-types très significants et comparables en majorité aux moyennes calculées.

**Tableau 6.** Démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* sur cyprès

Classes	Intactes	0-25%	25-50%	50- 75%	75- 100%
Nombre total des pontes examinées	177	361	315	163	135
Nombre moyen de pontes par arbre	<b>6,32</b>	<b>12,89</b>	<b>11,25</b>	<b>5,82</b>	<b>4,82</b>
Ecart-types	5,95	10,01	7,73	4,40	4,60
Valeurs extrêmes	0-25	1-30	1-27	0-16	0-20

Les moyennes des deux classes allant de 0 à 50%, sont plus représentatives avec des valeurs respectives de 12,89 et 11,25 pontes démantelées par arbre. A partir de 50% les démantèlements moyens se limitent à des valeurs respectives de 5,82 et de 4,82 pontes. D'une manière générale les moyennes des pontes démantelées évoluent en décroissance avec la proportion des œufs perdus.

Les écarts-types restent très comparables aux valeurs moyennes. Ce qui explique la grande variabilité de la population au sein de l'unité d'échantillonnage. Les valeurs extrêmes notées des classes de démantèlements restent très grandes.

**Tableau 7.** Démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* sur châtaignier

Classes	Intactes	0 à 25%	25 à 50%	50 à 75%	75 à 100%
Nombre total des pontes	58	65	112	188	111
Nombre moyen de ponte par arbre	2,15	2,41	4,15	6,96	4,11
Ecart-types	2,03	2,21	2,88	3,37	2,98
Valeurs extrêmes	0-6	0-7	0-10	2-13	0-11

Le nombre moyen de pontes des deux premières classes reste faible, il oscille entre 2,15 et 2,41 pontes par arbre. Pour les autres classes, supérieures à 25%. Le démantèlement, est compris entre 4,11 et 6,96 pontes par arbre. Relativement aux deux précédentes plantes hôtes, les nombres moyens notés par classe de démantèlements sont plus limités sur châtaignier, les écarts-types sont plus réduits et les valeurs extrêmes sont relativement faibles par rapport aux précédentes.

**Tableau 8.** Démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* sur chêne vert

Classes	Intactes	0 à 25%	25 à 50%	50 à 75%	75 à 100%
Nombre total des pontes	129	107	81	40	51
Nombre moyen de pontes par arbre	4,44	3,69	2,79	1,37	1,72
Ecart-types	4,39	2,84	2,76	1,26	1,62
Valeurs extrêmes	0-16	0-12	0-11	0-4	0-5

Sur le chêne vert, les pontes intactes représentent la classe renfermant la moyenne la plus élevée, soit 4,44 pontes par arbre. Les moyennes les plus faibles ont été enregistrées au niveau des deux dernières classes avec des valeurs respectives de 1,37 et de 1,75 pontes par arbre. Pour les classes de démantèlement de 0 à 25% et de 25 à 50% les moyennes sont respectivement de 3,69 et de 2,79. Une allure décroissante est notée en fonction des classes de démantèlement. Les écarts-types sont comparables aux moyennes calculées et les valeurs extrêmes varient entre 0 et 16 pontes.

**Tableau 9.** Démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* sur genévrier oxycèdre

Classe	Intactes	0 à 25 %	25 à 50 %	50 à 75 %	75 à 100 %
Nombre total des pontes	138	125	101	67	73
Nombre moyen de pontes par arbre	<b>5,11</b>	<b>4,63</b>	<b>3,74</b>	<b>2,48</b>	<b>2,70</b>
Ecart-types	4,96	2,98	2,33	2,23	2,33
Valeurs extrêmes	0-15	0-11	0-8	0-8	0-9

Le nombre moyen des pontes des trois premières classes de démantèlement sont comparables avec 5,11 pontes intactes 4,63 pontes démantelées à 25 %, et 3,74 pontes démantelées à 50%. Les moyennes les plus faibles sont notées dans les classes des pontes démantelées de 50 à 100% avec respectivement 2,48 et 2,70 pontes par arbre. Ces résultats sont comparables avec ceux obtenus sur chêne vert. Les écart-types restent élevés et témoignent de la variabilité entre les échantillons.

**Tableau 10.** Démantèlements des pontes de *Lymantria dispar* sur cèdre de l'Atlas

Classes	Intactes	0 -25 %	25-50 %	50-75 %	75-100 %
Nombre total des pontes examinées	145	157	164	141	87
Nombre moyen de pontes par arbre	<b>5,58</b>	<b>6,04</b>	<b>6,31</b>	<b>5,42</b>	<b>3,35</b>
Ecart-types	4,21	5,41	4,67	5,31	3,22
Valeurs extrêmes	0-19	0-20	0-19	0-21	0-17

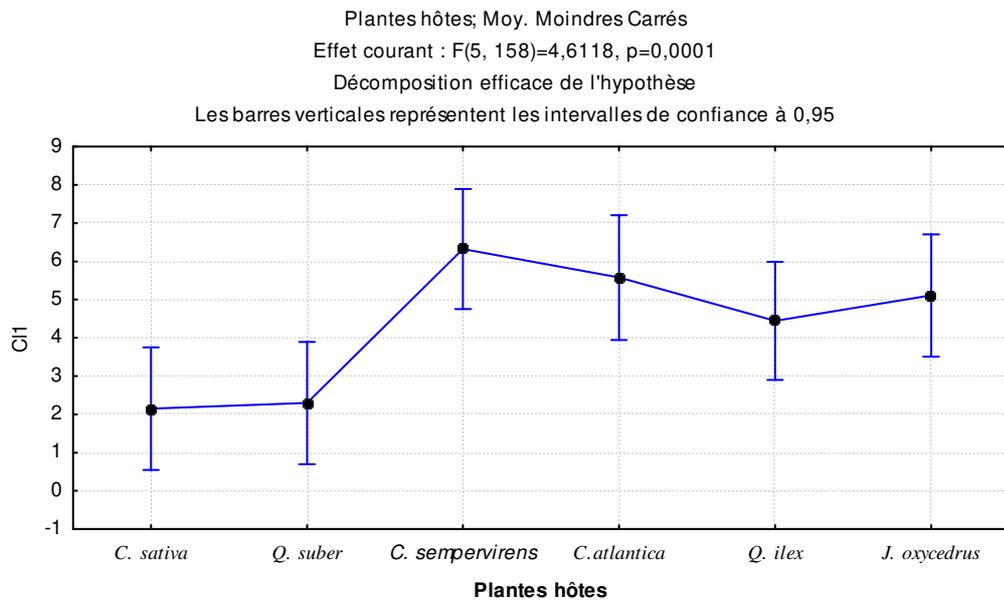
Sur le cèdre de l'Atlas, les taux de démantèlement relevés montrent que le nombre moyen des pontes enregistré au niveau des quatre premières classes, est très comparable, il oscille entre 5,42 et 6,31 pontes par arbre. Le nombre moyen le plus faible, soit 3,35 pontes par arbre est enregistré au niveau de la classe la plus démantelée. En comparaison avec les classes de démantèlements des précédentes plantes hôtes, il ressort que le *C. atlantica* assure une meilleure protection des pontes de *L. dispar*.

Une analyse statistique complémentaire (Anova) a été conduite dans le but de tirer plus de renseignements sur les démantèlements en relation avec les plantes hôtes choisies. Les résultats de l'analyse globale de la variance reportés dans le tableau 11, montrent une différence hautement significative ( $p= 0,001$ ).

**Tableau 11.** Comparaison des moyennes par Anova

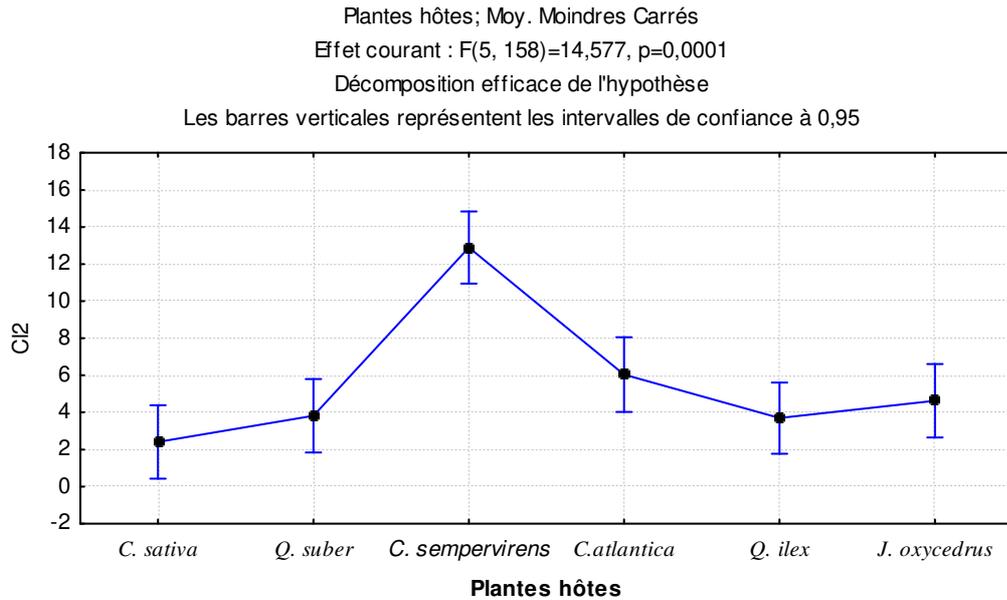
Effet	Test	Valeurs	F	Effet dl	Erreur dl	P
Ord.origine	Wilk	0,209990	115,8740	5	154,0000	0,001**
Plantes hôtes	Wilk	0,341733	7,6893	25	573,5865	0,001**

La variation entre les lots de pontes prélevés dans des différentes stations, illustre bien que le degré de destruction des pontes est en relation avec les plantes hôtes. Les résultats des différentes catégories de démantèlements sont illustrés dans les figures (24 à 28).



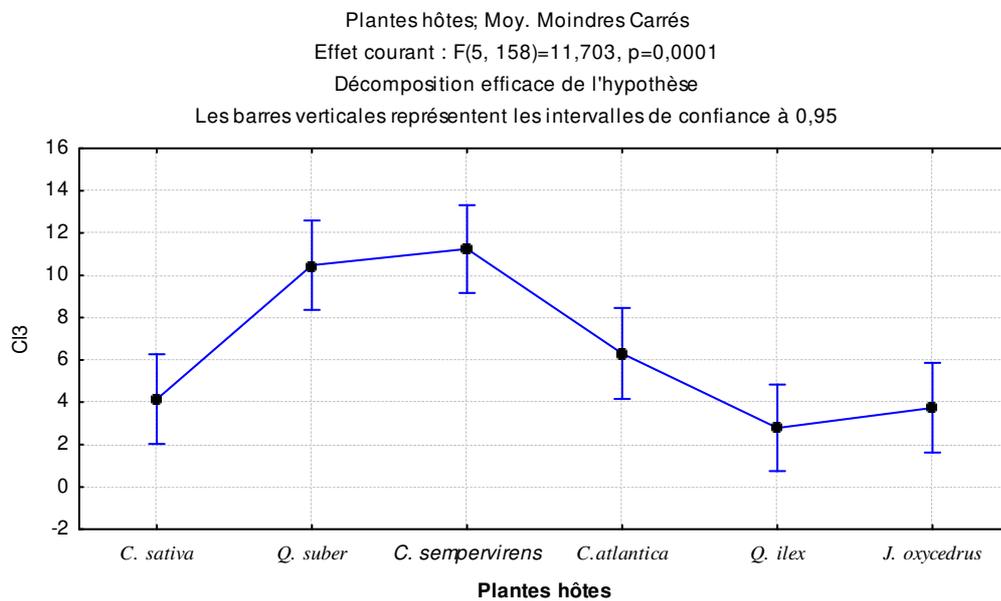
**Figure 24.** Comparaison des moyennes des pontes intactes

En comparaison, les nombres moyens des pontes intactes les plus élevées sont enregistrés sur les résineux. Pour le châtaignier et le chêne-liège, les valeurs moyennes calculées se limitent à 2 pontes intactes par arbre. La probabilité calculée montre une très haute signification ( $p=0,0001$ ).



**Figure 25.** Comparaison des moyennes de la deuxième classe de démantèlement

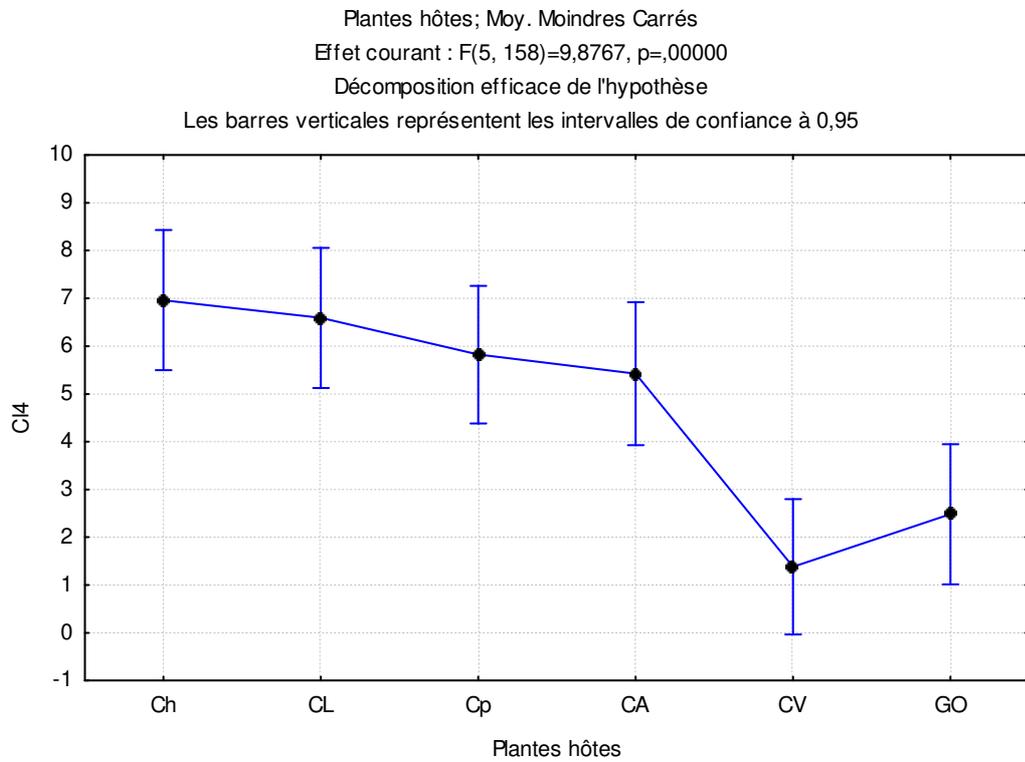
Le démantèlement à 25% a concerné davantage les résineux principalement les pontes sur cyprès. Pour les cinq autres plantes, les valeurs calculées ne dépassent pas 6 pontes par arbre. La probabilité calculée montre une très haute signification ( $p=0,0001$ )



**Figure 26.** Comparaison des moyennes de la troisième classe de démantèlement

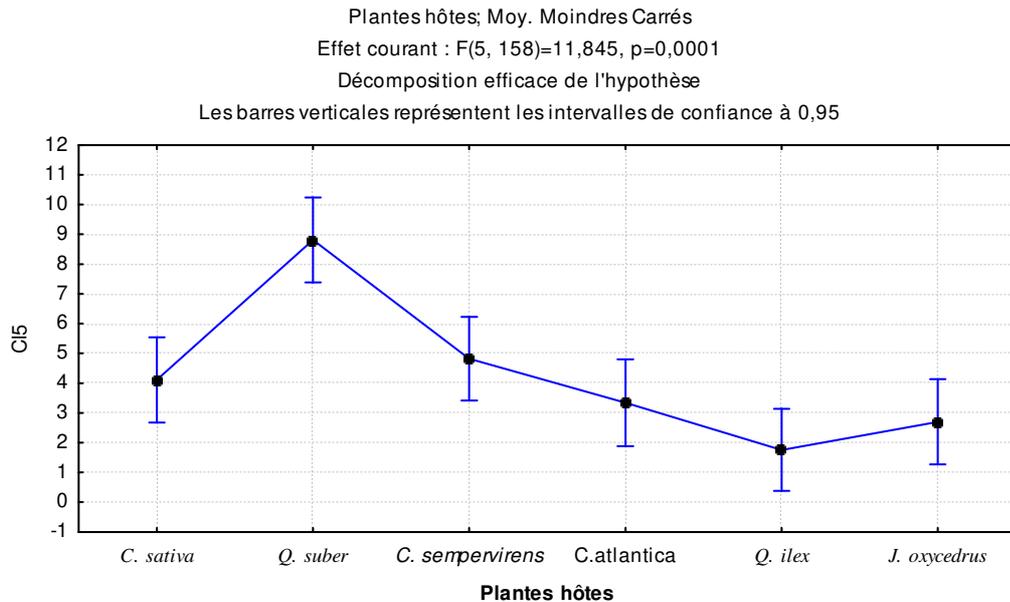
L'examen de la figure 26, relative à la comparaison des démantèlements entre 25 à 50%, met en évidence que *C. sempervirens* et le chêne-liège sont les plus concernées. Les valeurs

calculées pour les autres plantes hôtes restent comprises entre 3 et 6 pontes par arbre. La probabilité calculée est très hautement significative ( $p=0,0001$ ).



**Figure 27.** Comparaison des moyennes des pontes (classe 50-75%)

Parmi les plantes hôtes examinées, le chêne vert et le genévrier présentent les pontes les moins démantelées à la classe variant entre 50 à 75%. La probabilité calculée montre une très haute signification ( $p=0,0001$ ).



**Figure 28.** Comparaison des moyennes des pontes (classe 75-100%)

Comparativement le chêne-liège est l'essence la plus concernée par le démantèlement, soit un nombre de moyen 9 pontes démantelées par arbre. Pour les autres plantes hôtes, le nombre moyen calculé ne dépasse pas 5 pontes par arbres. La probabilité calculée est très hautement significative ( $p=0,0001$ ).

### 3. Faune associée aux pontes

#### 3.1. Les destructeurs des pontes

L'analyse des pontes de *Lymantria dispar* récoltées sur diverses plantes hôtes ; *Quercus suber*, *Cuprecus sempervirens*, *Castanea sativa*, *Quercus ilex*, *Juneperus oxycedrus*, et *Cedrus atlantica* a permis de recueillir une grande variété d'Arthropodes. Selon villemant (1993), cette diversité spécifique n'a pas toujours de liens étroits avec l'hôte et leur impact sur le devenir des pontes est extrêmement variable et complexe.

Les résultats des analyses des pontes sont reportés dans le tableau 12.

**Tableau 12.** Répertoire des espèces d'Arthropodes associées aux pontes

Classes	Espèces	prélèvement hivernal	Prélèvement printanier	Plantes hôtes
		Fréquence	Fréquence	
Arachnides	Acarien sp1	29	2	Chêne-liège
		11	5	Châtaignier
		3	6	Cyprès
		2	5	Genévrier
		4	5	Cèdre de l'atlas
	<i>Oribate sp</i>	6	0	Chêne-liège
		1	0	Chêne vert
		29	2	Châtaignier
		4	0	Cyprès
		2	2	Cèdre de l'atlas
	Acarien sp2	13	11	Chêne-liège
		0	5	Châtaignier
		2	5	Cyprès
		6	3	Genévrier
		2	1	Cèdre de l'atlas
	Araignée sp1	2	1	Chêne-liège
		2	0	Chêne vert
		1	0	Châtaignier
		1	2	Cyprès
		0	1	Genévrier
		4	1	Cèdre de l'atlas
Araignée sp2	3	2	Chêne-liège	
	3	2	Châtaignier	
	2	0	Cyprès	
	0	1	Cèdre de l'atlas	
Araignée sp3	5	3	Chêne-liège	
Myriapodes	Myriapode	19	1	Chêne-liège
Insectes	Collemboles	3	0	Chêne-liège
		5	0	Châtaignier
		4	1	Cyprès
	Hétéroptère sp1	0	2	Chêne-liège
	4	0	Chêne vert	

		0	2	Cèdre de l'atlas
	<i>Spilostethus parvicornis</i>	1	0	Chêne-liège
	<i>Raglius alboacuminatus</i>	0	1	Cèdre de l'atlas
	<i>Aphanus rolandri</i>	0	1	Cèdre de l'atlas
	Homoptère (Jassidae)	0	1	Cèdre de l'atlas
	Névroptères	3	0	Chêne-liège
		2	1	Châtaignier
	Thrips sp1	0	1	Chêne-liège
		1	0	Châtaignier
		0	1	Genévrier
		27	0	Cèdre de l'atlas
	Thrips sp2	24	0	Cyprès
		11	0	Cèdre de l'atlas
	Psoque sp1	20	2	Chêne-liège
		12	11	Chêne vert
		11	19	Châtaignier
		8	51	Genévrier
		16	3	Cèdre de l'atlas
	Psoque sp2	6	5	Chêne vert
		5	7	Châtaignier
		26	15	Genévrier
		4	6	Cèdre de l'atlas
	<i>Haploembia sp</i>	1	0	Chêne vert
	<i>Trogoderma versicolor</i>	3	3	Chêne-liège
		5	6	Chêne vert
		16	9	Châtaignier
		9	3	Cyprès
		3	5	Cèdre de l'atlas
	<i>Anthrenus exilis</i>	13	0	Chêne-liège
		8	8	Châtaignier
		1	0	Cyprès
	<i>Anthrenus sp</i>	1	0	Chêne-liège
	<i>Attagenus sp</i> (Dermestidae)	0	1	Cèdre de l'atlas
	Coléoptère sp1 (F : Trogossitidae)	6	0	Chêne-liège
		0	2	Chêne vert
		1	0	Cyprès
		4	0	Genévrier

		0	1	Cèdre de l'atlas	L'analyse des pontes diverses provenant ces
Coléoptère sp2 (F : Dasytidae)		1	2	Chêne vert	
		1	0	Châtaignier	
Coléoptère sp3		4	0	Chêne-liège	
		1	0	Genévrier	
Coléoptère sp4		1	3	Chêne-liège	
Lépidoptère sp1		0	1	Chêne vert	
<i>Pheidole pallidula</i>		0	1	Cèdre de l'atlas	
Diptère sp1		0	2	Chêne-liège	
		0	1	Chêne vert	
		2	0	Châtaignier	
		3	2	Cyprès	
Diptère sp2		1	0	Chêne vert	
Cecidomyiidae sp		2	0	Chêne-liège	

met en évidence une diversité faunistique de 32 espèces, variable en fonction des plantes hôtes et des périodes des prélèvements. Il est important de souligner que la faune répertoriée se subdivise en divers groupes destructeurs des pontes. Sur ce sujet, Fraval *et al.* (1989) différencient 4 catégories selon leur impact vis-à-vis de la ponte. La première regroupe les Arthropodes démantelers qui pénètrent à l'intérieur des pontes, soit des prédateurs des œufs viables, soit des prédateurs qui se nourrissent des œufs non viables ou de débris variés, soit des insectes qui se nymphosent dans la masse spongieuse. La deuxième catégorie rassemble les araignées et les oiseaux qui sont considérés comme des destructeurs et des prédateurs occasionnels. Le troisième groupe réunit les Coléoptères oophages sensu stricto du genre *Dermestes*. Les fourmis des genres *Crematogaster*, *Aphaenogaster* et *Camponotus* constituent le quatrième groupe d'oophages occasionnels.

L'analyse des résultats par période de prélèvement, montre une diversité spécifique très comparable en nombre, soit 26 espèces répertoriées en hiver et 25 au printemps. Parmi la faune arthropodologique recensée, 20 espèces sont communes aux deux périodes de prélèvements. En nombre d'individus, en compte au total 435 en période hivernale pour 246 individus en période printanière.

En plus des espèces répertoriées à l'état larvaire et au stade adulte sur les pontes examinées, des œufs d'acariens et d'insectes, des exuvies larvaires et des restes de chrysalides ont été localisés dans le matériel biologique examiné. La synthèse des résultats

d'inventaire de la faune associée aux pontes selon les périodes de prélèvement est représentée dans le tableau 13.

**Tableau 13.** Variation qualitative et quantitative de la faune associée aux pontes

Plantes hôtes	Nbre de pontes saines		Nbre d'espèces répertoriées		Nbre d'individus quantifiés	
	Prélèvement		Prélèvement		Prélèvement	
	hivernal	printanier	hivernal	printanier	hivernal	printanier
Chêne-liège	1	6	17	12	132	36
Chêne vert	13	15	9	5	33	26
Châtaignier	0	9	14	10	95	60
Genévrier	9	10	6	6	47	76
Cyprès	5	7	12	6	54	19
Cèdre	3	12	9	15	73	32

Il est important de souligner que l'analyse a porté sur 30 pontes par provenance et pour chaque prélèvement.

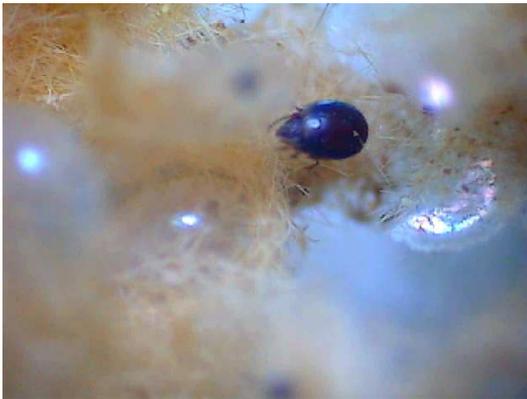
Comparativement les pontes en provenance des feuillus hébergent plus d'espèces et d'individus que les pontes récoltées sur les conifères. Plusieurs espèces notées sont communes entre les diverses provenances. Parmi les essences prospectées, le chêne vert reste le moins visité, cela est dû probablement à la taille relativement réduite des pontes et à la morphologie de l'arbre qui n'offre pas des conditions très adéquates au développement des démantelers. D'autres variables environnementales, telles que l'altitude et l'exposition peuvent influencer le cortège d'Arthropodes associés aux pontes dans leur milieu naturel. La faune associée aux pontes sur chêne-liège est la plus diversifiée, regroupant 20 espèces représentées par un effectif de 168 individus, ce qui peut expliquer l'importance des démantèlements des pontes relevées sur l'essence en question. Sur châtaignier, 13 espèces regroupant 155 individus ont été inventoriées dans les pontes examinées. La diversité spécifique associée aux pontes en provenance des résineux, oscille de 7 à 17 espèces avec des effectifs variables de 73 à 123. Les figures de 29 à 34 illustrent les principales espèces de la faune inventoriée associée aux pontes.



**Acarien sp1**



**Acarien sp2**



***Oribate sp***



**Araignée sp1**



**Araignée sp2**



**Araignée sp3**

*(Originales, 2009)*

**Figure 29.** Arachnides inventoriés sur les pontes de *Lymantria dispar*



*Raglius alboacuminatus*



*Aphanus rolandri*



*Spilostethus parvicornis*

(Originales, 2009)

**Figure 30.** Espèces d'Hétéroptères récoltées sur les pontes de *Lymantria dispar*



*Anthrenus sp*



*Attagenus sp*



*Anthrenus exilis*



*Trogoderma versicolor*

(Originales, 2009)

**Figure 31.** Coléoptères Dermestidae récoltées sur les pontes de *Lymantria dispar*



Coléoptère sp2 (F : Dasytidae)



Coléoptère sp1 (F : Trogossitidae)



Coléoptère sp3

(Originales, 2009)

**Figure 32.** Espèces de Coléoptères récoltées sur les pontes de *Lymantria dispar*



**Cecidomyiidae sp**



**Diptère sp 1**



**Diptère sp2**

*(Originales, 2009)*

**Figure 33.** Espèces de Diptères associées aux pontes de *Lymantria dispar*



Homoptère (Jassidae)



*Haploembia* sp



*Pheidole pallidula*



Névroptères



Psoque sp1



Myriapode



Collembole sp



Thrips sp2  
(Originales 2009)

Figure 34. Autres espèces d'Arthropodes associées aux pontes de *Lymantria dispar*

### 3.2. Les oophages strictes

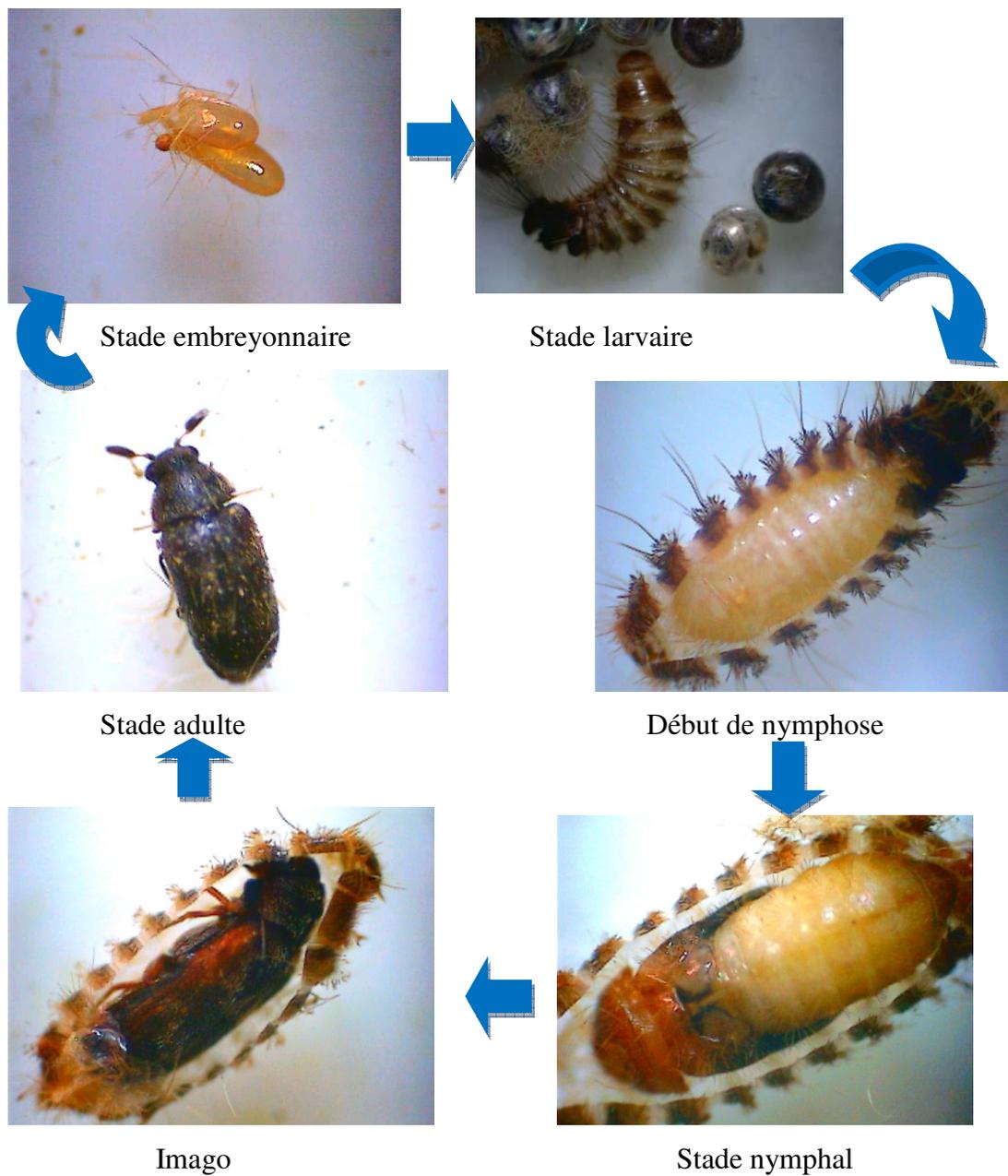
L'analyse de la faune associée aux pontes révèle quatre espèces d'oophages strictes. La première espèce *Trogoderma versicolor*, prédatrice des pontes de *L. dispar* a été signalée et étudiée en 1927 par De Lepiney (Fraval *et al.*, 1989). L'espèce a montré une large répartition selon un plan altitudinal avec un effectif total de 62 individus à l'état larvaire. Sa présence est notée sur les pontes des diverses provenances à l'exception des pontes récoltées sur genévrier. Deux espèces de genre *Anthrenus* ont été notées. Pour l'*Anthrenus sp* un seul individu à l'état adulte a été récolté à partir des pontes en provenance de chêne-liège. Vraisemblablement, l'espèce présente un endémisme dans le site prospecté de la subéraie de Bouarfa. L'espèce *Anthrenus exilis* a été recensée avec un effectif de 30 individus récoltés dans les pontes en provenance de chêne-liège, du cyprès et du châtaignier. Ces trois stations sont situées à moins de 1000 mètres d'altitude. Il est à noter que l'*Anthrenus exilis* est une espèce qui ne figure pas sur la liste des oophages strictes établie au Maroc par Villemant (1993). *Attagenus sp* est la quatrième espèce d'oophage recensée. Elle a été isolée des pontes en provenance de la cédraie d'altitude en un seul exemplaire à l'état larvaire.

Sur la base des données recueillies à partir des élevages de larves au laboratoire, nous présentons la chronologie du comportement biologique des deux principales espèces ; *Trogoderma versicolor* et l'*Anthrenus exilis*.

#### 3.2.1. Cycle biologique de *Trogoderma versicolor*

Les larves ont été récoltées vers la fin de mois de Janvier, après une succession de mues larvaires, la nymphose a eu lieu au cours de la première décade du mois de Mai. La nymphose s'est effectuée en une semaine environ. L'imago demeure immobile dans son exuvie nymphale environ 4 à 6 jours avant de subir la mue imaginale. L'émergence des adultes a été notée au cours de la deuxième décade du mois de Mai. La ponte a eu lieu la semaine qui a suivi l'émergence et le développement embryonnaire s'est effectué en 15 jours. L'éclosion des œufs a été notée entre le 8 et le 15 Juin. Les résultats obtenus concernant le comportement biologique de l'espèce sont comparables au cycle biologique établi par Villemant (1993). A noter seulement un décalage des émergences des adultes entre le mois de Juin et de Juillet pour la population marocaine. Selon Fraval *et al.*(1989) et Villemant (1993), Au Maroc, *T. versicolor* présente une génération par an, parfois 2 et rarement 3 si l'été est particulièrement chaud.

Les diverses phases chronologiques du comportement biologique de l'espèce *Trogoderma versicolor* sont illustrées par la figure 35.

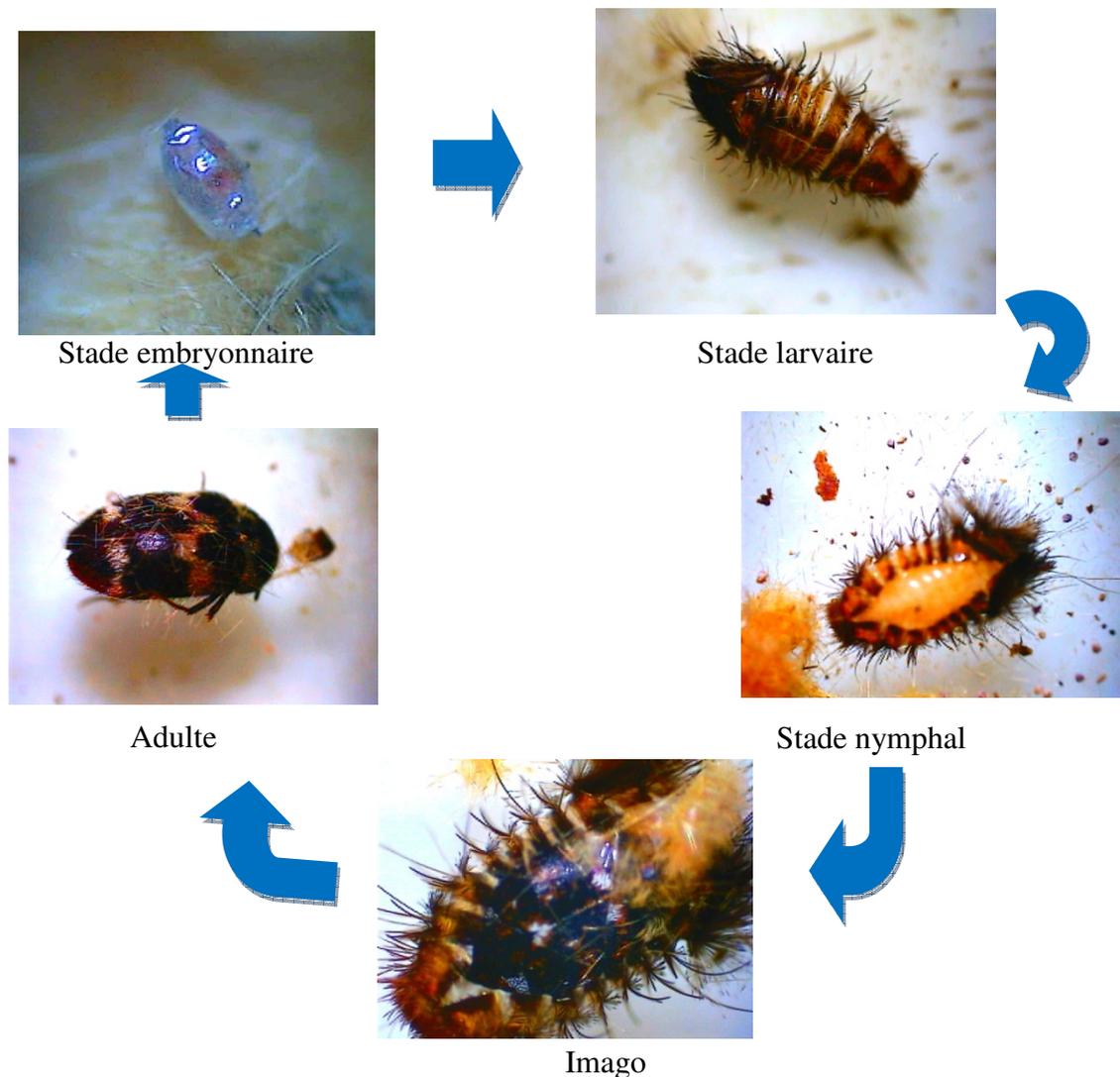


(Originale , 2009)

**Figure 35.** Comportement biologique de *Trogoderma versicolor*

### 3.2.2. Cycle biologique de *Anthrenus exilis*

Le cycle biologique de *Anthrenus exilis* est très comparable à celui de *Trogoderma versicolor*, la récolte des larves a été effectuée vers la fin du mois de Janvier, la nymphose a été notée entre le 5 et le 8 mai, l'émergence des adultes a eu lieu vers le 25 juin (Fig.36). Très souvent les deux espèces cohabitent les mêmes pontes et elles peuvent être considérées comme sympatriques. Une plus large distribution a été notée chez le *Trogoderma versicolor*. Ce qui confirme l'idée de Fraval *et al* (1989) qui considère que l'espèce est cosmopolite.



(Originale, 2009)

**Figure 35.** Comportement biologique de *Anthrenus exilis*

#### 4. Biométrie des pontes

Dans la littérature consultée de Fraval *et al* 1989, de Villemant (1993), et de Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger (2001) l'analyse biométrique a porté seulement sur les mensurations en longueur des pontes. Nous nous proposons d'apporter un modèle d'équation de calcul des surfaces des pontes et de tirer des renseignements complémentaires sur les volumes et les relations entre ces deux variables.

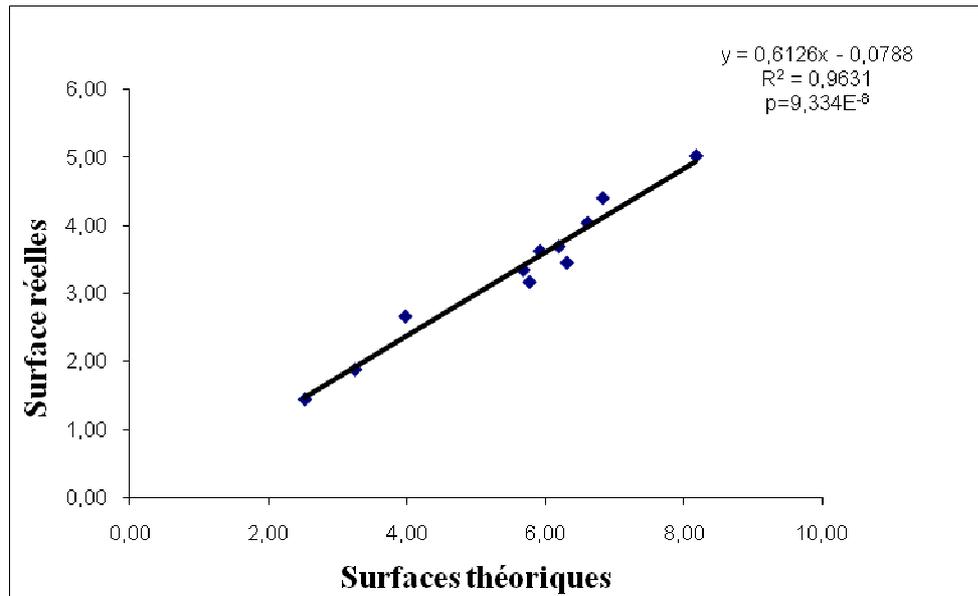
##### 4.1. Equation modèle pour le calcul des surfaces des pontes

Afin d'établir une équation modèle de calcul des surfaces des pontes sur le chêne-liège nous avons considéré les paramètres consignés dans le tableau 14.

**Tableau 14.** Paramètres de recherches de l'équation modèle relative aux pontes

Numéro	Poids (g)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Surface théorique (cm <sup>2</sup> )	Surface réelle (cm <sup>2</sup> )
1	0,10	3,06	1,89	5,77	3,16
2	0,05	1,93	1,31	2,53	1,44
3	0,11	3,78	1,57	5,92	3,62
4	0,06	2,26	1,44	3,25	1,88
5	0,13	3,92	1,69	6,61	4,03
6	0,11	4,63	1,37	6,31	3,45
7	0,12	4,37	1,42	6,20	3,68
8	0,10	3,22	1,77	5,68	3,34
9	0,08	3,72	1,07	3,98	2,66
10	0,16	4,65	1,76	8,18	5,01
11	0,14	4,18	1,63	6,83	4,39

La figure 36 représente l'équation modèle des calculs des surfaces réelles des pontes en provenance du chêne-liège.

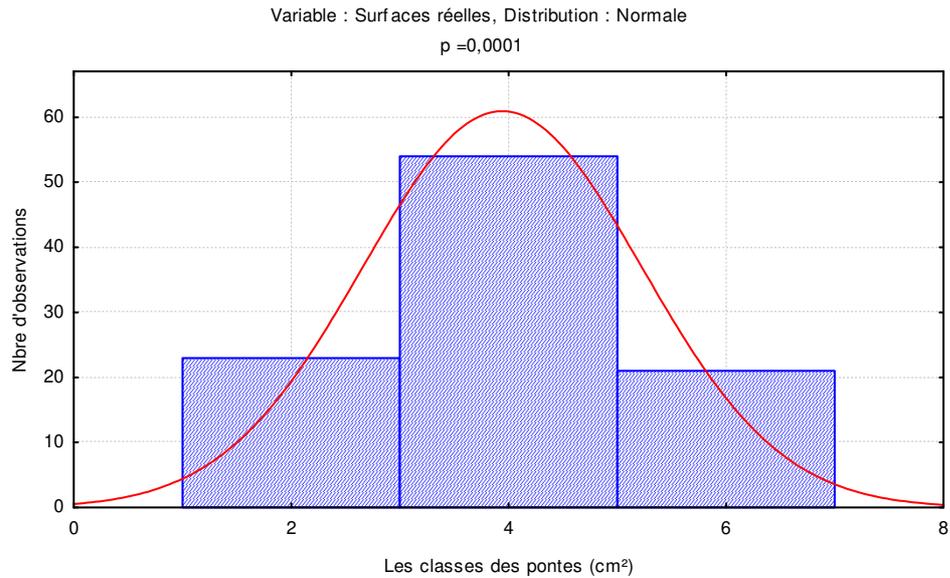


**Figure 36.** Equation modèle de calcul des surfaces des pontes de *Lymantria dispar* sur chêne-liège.

Le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,96$ ) montre une variabilité limitée à 4%. La probabilité calculée montre une différence très haute signification ( $p = 9,334E^{-8}$ ).

#### 4.2. Analyse fréquentielle des surfaces des pontes récoltées en 2007 sur chêne-liège

Les surfaces réelles des pontes calculées en utilisant l'équation modèle déterminée par rapport à des surfaces théoriques, varient de 1,47 à 6,45 cm<sup>2</sup>. La figure 37 présente l'analyse fréquentielle des classes des surfaces en relation avec la courbe normale de Gauss. Les données analysées s'ajustent à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ( $p = 0,0001$ ).

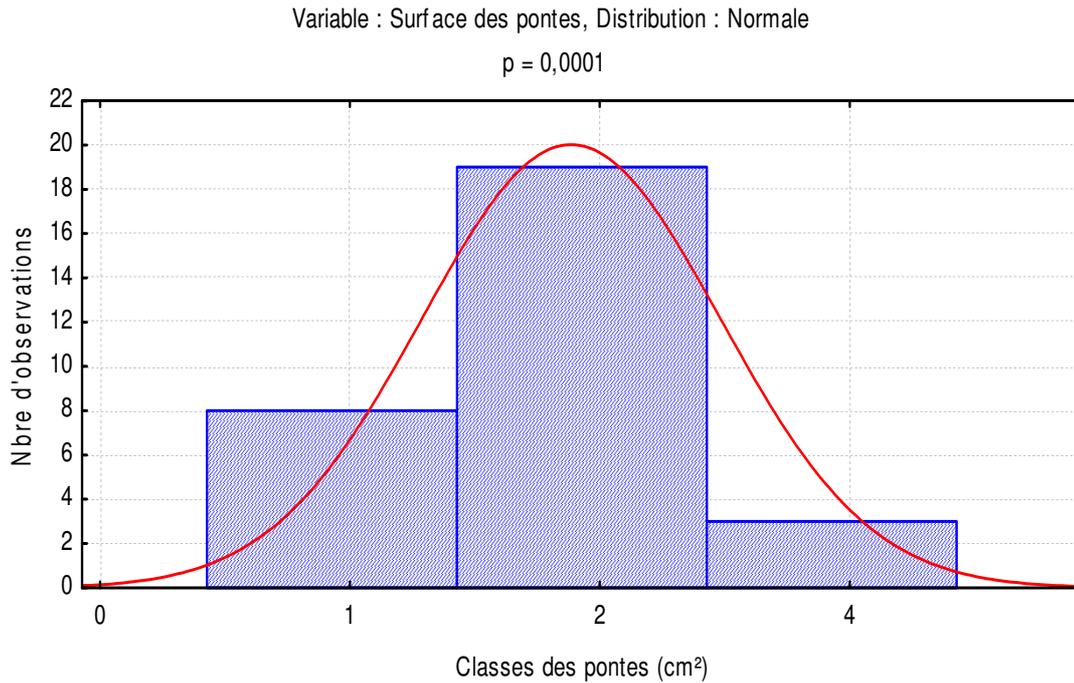


**Figure 37.** Analyse fréquentielle des surfaces des pontes examinées en 2007

L'analyse fréquentielle des surfaces des pontes examinées révèle trois classes ; la classe des pontes dans la surface est comprise entre 1 et 3cm<sup>2</sup>, présente 25 cas. Le plus grand nombre d'observations, soit 55 cas est noté pour la classe des pontes ayant des surfaces comprises entre 3 à 5cm<sup>2</sup>. Le nombre d'observations de la classe des surfaces de 5 à 7cm<sup>2</sup> se limite à 20 cas.

#### 4.3. Analyse fréquentielle des surfaces des pontes récoltées en 2008 sur chêne-liège

Le calcul des surfaces réelles des pontes en se basant sur des surfaces théoriques, et en utilisant l'équation modèle déjà établie, montre que les valeurs obtenues sont comprises entre 1 et 3,80cm<sup>2</sup>. La figure 38 illustre les classes des surfaces des pontes. L'analyse fréquentielle montre que les données recueillies s'ajustent à une loi normale, avec une probabilité très hautement significative (p=0,0001).

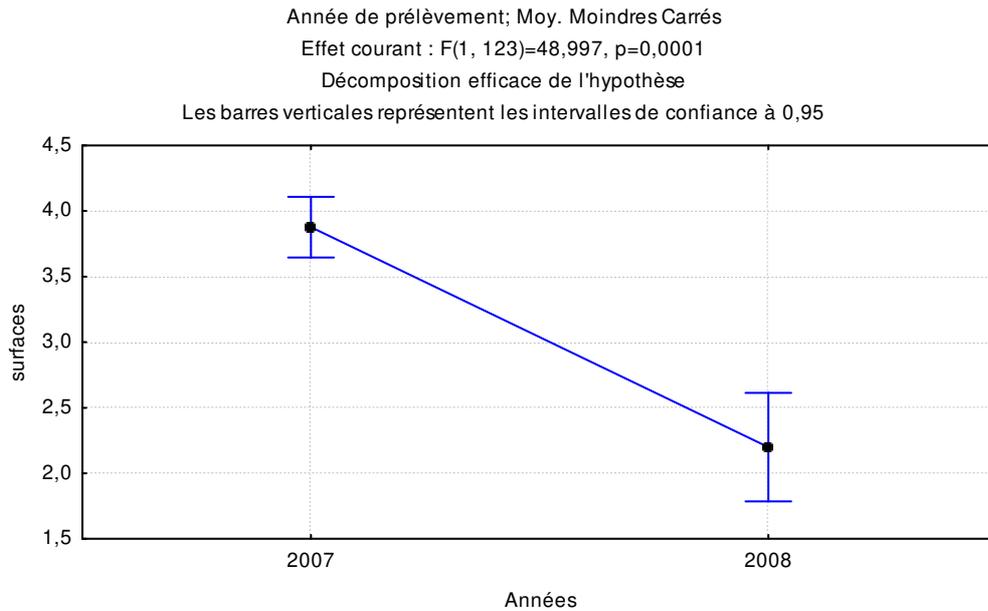


**Figure 39.** Analyse fréquentielle des surfaces des pontes examinées en 2008

Les pontes ayant une surface comprise entre 1,5 et 2,5cm présentent la classe la plus signifiante avec 19 cas observés. Les effectifs des pontes d'une surface inférieure à 1,5 cm<sup>2</sup> indiquent 8 cas. Le nombre d'observations pour les pontes d'une taille supérieure à 3,5cm<sup>2</sup> ne dépasse pas les trois cas.

#### 4.4. Comparaison des moyennes des surfaces des pontes récoltées en 2007 et en 2008 sur chêne-liège.

Les résultats de la comparaison des moyennes entre les surfaces des pontes récoltées en 2007 et en 2008 sont représentés dans la figure 40.

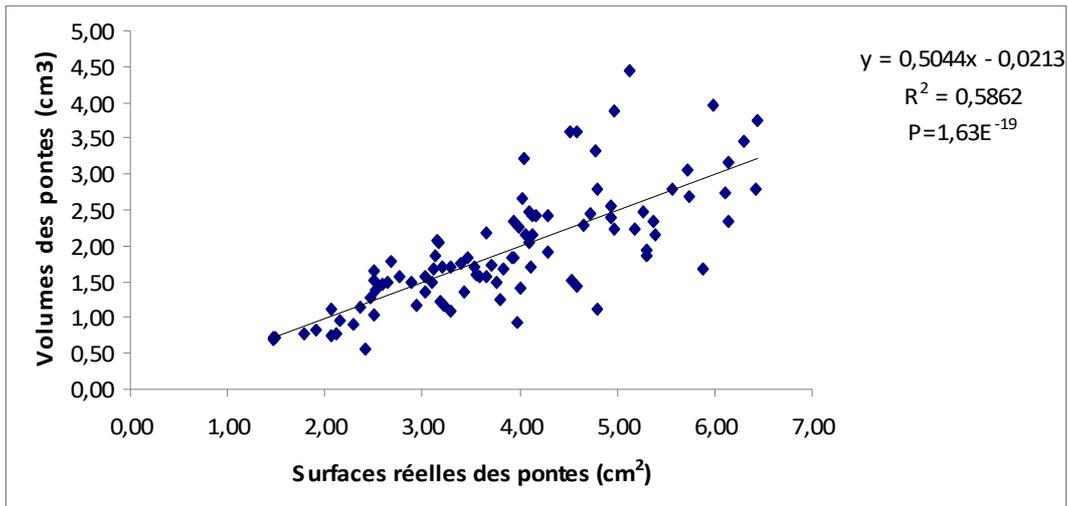


**Figure 40.** Comparaison des moyennes des surfaces des pontes

Les surfaces moyennes des pontes s'élèvent à 3,8 cm<sup>2</sup> pour l'année 2007 et de 2,3 pour 2008. La comparaison des moyennes des surfaces des pontes entre les deux années consécutives montre une différence très hautement significative ( $p=0,0001$ ). Ces résultats représentent la phase de culmination en l'année 2007, où les femelles de la population ont tendance à pondre un maximum d'œuf sur une plus grande surface. En phase de rétrogradation, correspondante à l'année 2008, les femelles sont mal nourries ce qui se répercute sur leurs pontes qui seront plus limitées en nombre et en surface.

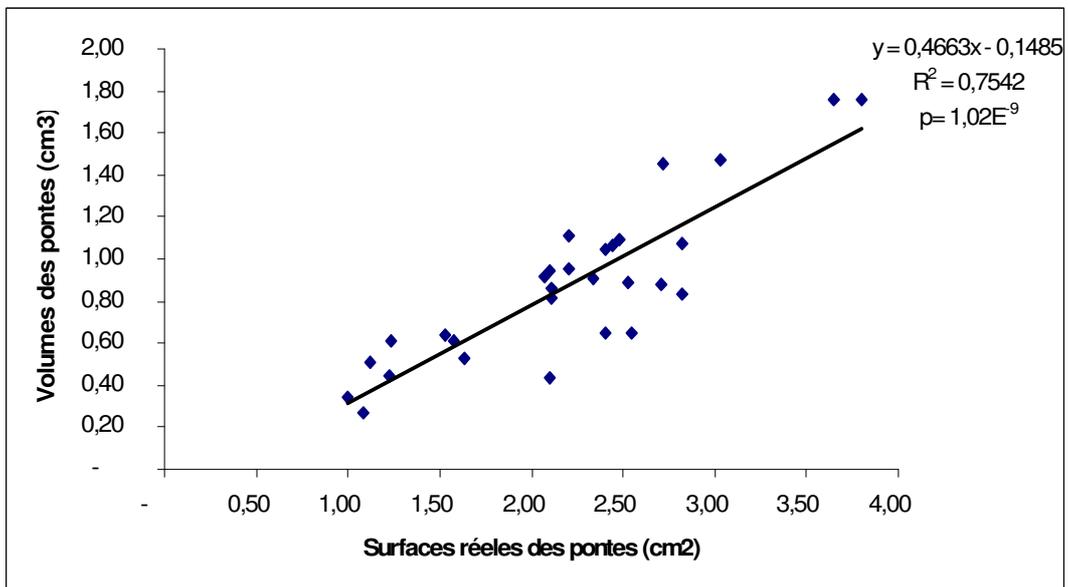
#### 4.5. Relation entre les surfaces réelles et les volumes des pontes sur chêne-liège

Les courbes de régression des volumes en fonction des surfaces réelles des pontes récoltées sur chêne-liège en 2007 et 2008 sont regroupées dans les figures 41 et 42.



**Figure 41.** Relation entre les volumes et les surfaces des pontes récoltées en 2007

Il est à noter que les volumes des pontes calculés varient de 0,56 à 4,44 cm<sup>3</sup>. Le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,5862$ ) montre une variabilité de l'ordre de 40%. La probabilité calculée montre une très haute signification ( $p = 1,63E^{-19}$ ).



**Figure 42.** Relation entre les volumes et les surfaces des pontes récoltées en 2008

En phase de rétrogradation, les volumes des pontes calculés varient entre 0,27 et 1,97cm<sup>3</sup>, le coefficient de détermination ( $R^2 = 0,75$ ) montre une variabilité de 25%. La probabilité calculée montre une très haute signification ( $p = 1,02E^{-9}$ ).

## 5. Dénombrement des œufs de *Lymantria dispar* en provenance de chêne-liège (2007 et 2008)

Les résultats des comptages des œufs sont regroupés dans le tableau 15.

**Tableau 15.** Analyse descriptive des pontes de *Lymantria dispar*

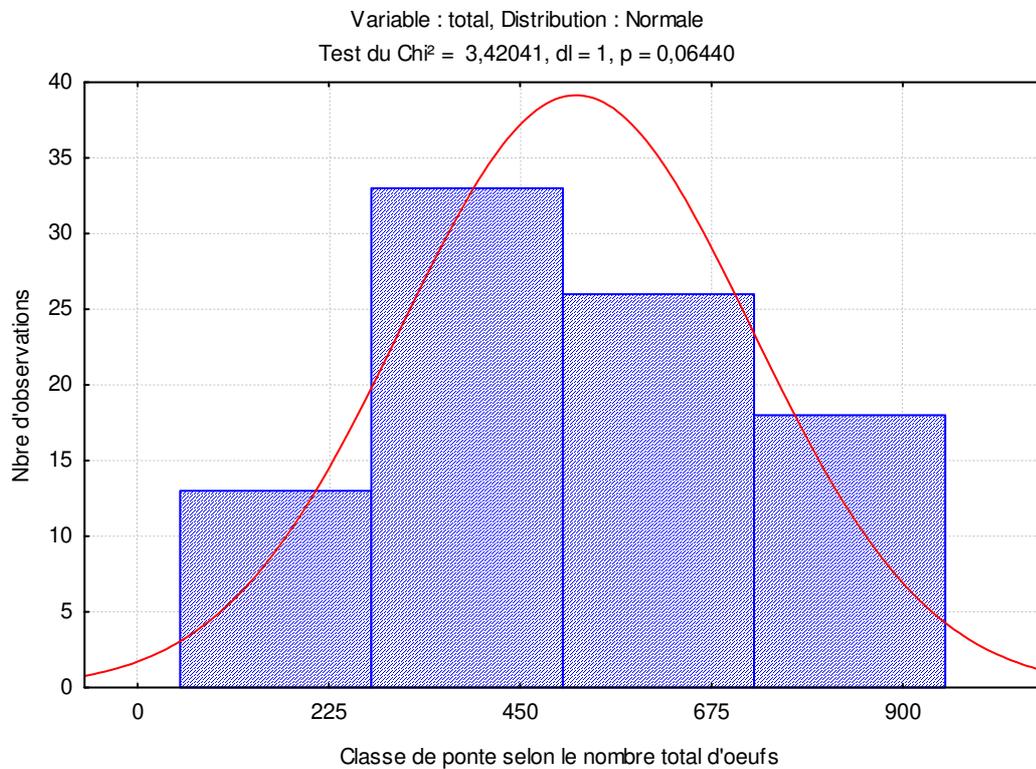
Années	2007	2008
Effectifs de pontes examinées	90	30
Effectifs total d'œufs	46420	6718
Nombre moyen d'œufs par ponte	<b>515,8</b>	<b>224</b>
Écarts-types	206,34	72,07
Valeurs extrêmes	139-996	97-350

Le dénombrement des œufs en 2007 a été établi sur 90 pontes, celui de l'année 2008 a été effectué sur 30 pontes. Il est important de rappeler que la phase de rétrogradation a été notée en 2008, à cette période les pontes de *Lymantria dispar* se font rares. En 2007 nous avons enregistré en moyenne 515,8 œufs par pont. En 2008 les pontes renferment en moyenne 224 œufs par pontes. Cette valeur représente moins de 50% de celle calculée en 2007, ce qui confirme la phase de rétrogradation du Bombyx disparate. Les écarts-types calculés sont très élevés.

### 5.1. Analyse des effectifs des œufs du Bombyx disparate quantifiés en 2007

Les dénombrements des œufs des pontes examinées sous une loupe binoculaire ont mis en évidence des valeurs comprises entre 139 et 996 œufs par pont avec une moyenne de 515,8 œufs par pont. Ces résultats sont comparables avec ceux obtenus par Nierhaus-Wunderwald et Wermelinger (2001), qui notent des effectifs variables de 100 et 1000 œufs par pont. A ce propos les auteurs précités notent que le nombre d'œufs varie en fonction de la disponibilité de la nourriture et de la phase de gradation, il est plus élevé avant et au début d'une pullulation que pendant la gradation. Villemant (2003), mentionne que durant la phase de progradation, les pontes sont de grande taille (plus de 30 mm) et renferment un de 500 à 800 œufs.

Sur la base des résultats des comptages des œufs, nous avons procédé à une analyse fréquentielle pour mettre en évidence les classes possibles avec les cas observés du matériel biologique examiné. La figure 43 illustre la distribution des classes en relation avec la courbe théorique de Gauss.

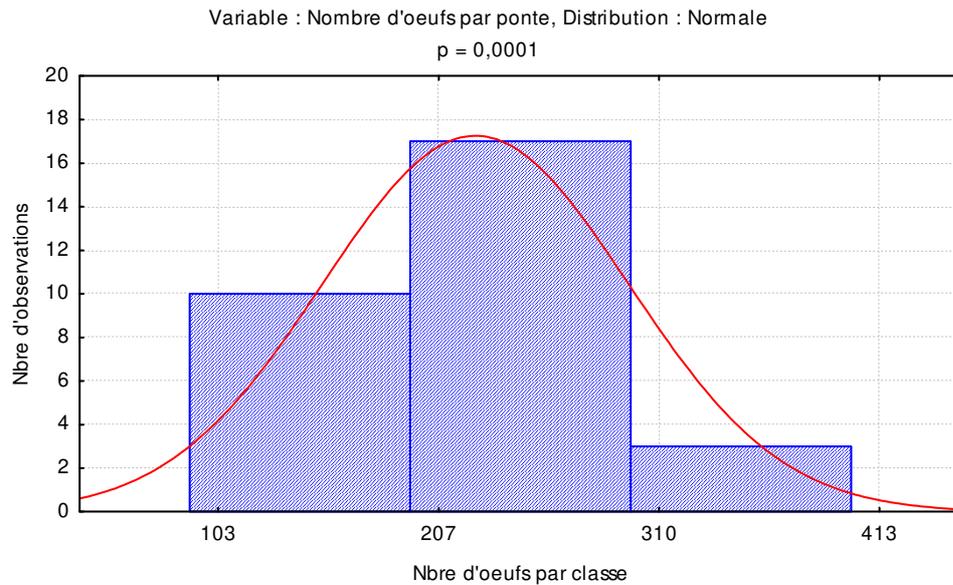


**Figure 43.** L'analyse fréquentielle des nombres d'œufs quantifiés en 2007

L'analyse fréquentielle des nombres totaux d'œufs quantifiés sur chêne-liège montre que les données recueillies s'ajustent à une loi normale. La probabilité calculée, est significative au seuil de 6% ( $p= 0,064$ ). La décomposition a révélé quatre classes selon le nombre total d'œufs qu'elles renferment. La première classe des pontes contient entre 100 et 225 œufs, présente environ 13 cas de l'effectif global. La deuxième classe présente le nombre le plus élevé en observation, soit 33 cas. Pour cette classe, les pontes renferment entre 225 et 450 œufs. La troisième classe, regroupant les catégories des pontes contenant de 450 à 675 œufs représente un nombre d'observations de l'ordre de 26 cas. Le nombre d'observations de la quatrième classe est de 18 cas, comprenant plus de 680œufs par pontes. La courbe de distribution est asymétrique avec une probabilité significatives ( $p=0,064$ ).

## 5.2. Analyse des effectifs des œufs du Bombyx disparate quantifiés en 2008

En 2008, les dénombrements des œufs ont révélé des valeurs comprises entre 97 et 350 œufs par ponte avec une moyenne de 224 œufs par ponte. Ces résultats caractérisent la rétrogradation des populations de *Lyamntria dispar* dans son milieu naturel. L'analyse de la figure 44 met en évidence les différentes classes de pontes en fonction du nombre d'œufs quantifiés.



**Figure 44.** Analyse fréquentielle des nombres d'œufs quantifiés en 2008

L'analyse fréquentielle des nombres d'œufs met en évidence trois principales classes, s'ajustant à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ( $p=0,0001$ ).

La première classe, renfermant un nombre de 100 à 200 œufs, avec 10 cas observés. La classe la plus représentée avec 17 cas observés contient entre 200 et 300 œufs. La dernière classe comportant entre 300 et 400 œufs par ponte se limite à 3 observations

### 5.3. Examen et comparaison des différentes catégories d'œufs (2007- 2008)

Les résultats des comptages des différents types d'œufs sont reportés dans le tableau 16.

**Tableau 16.** Analyse des pontes de *Lymantria dispar* en provenance de chêne-liège

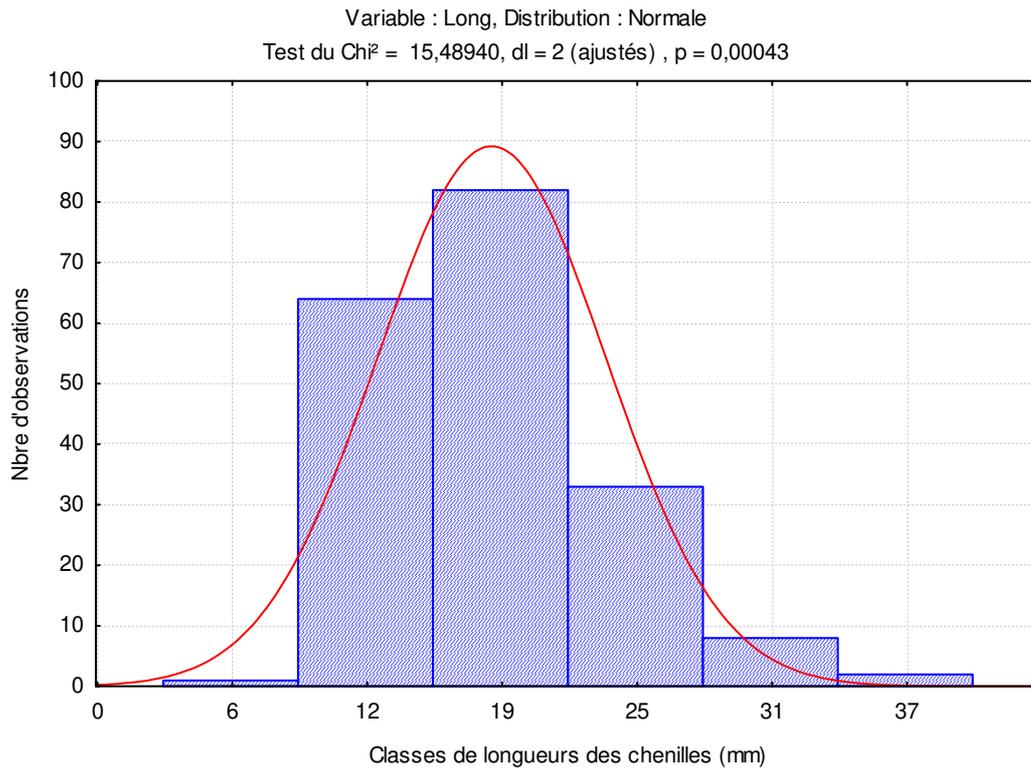
Catégorie d'œufs	éclos		Cassés		Aplatis		Secs		Parasités	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Années des récoltes	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Effectifs	25369	0	511	2660	685	363	6153	584	13702	3111
Nbre moyens par ponte	<b>281,8</b>	<b>0</b>	<b>5,68</b>	<b>88,7</b>	<b>7,61</b>	<b>12,1</b>	<b>68,4</b>	<b>19,5</b>	<b>152,3</b>	<b>103,7</b>
Ecat-types	218,7	0	2,37	47,69	6,46	7,72	57,03	9,97	58,06	50,9

Le nombre moyen des œufs viables dénombrés en 2007 présentent 281 œufs par ponte avec un écart type de 218,7. Les catégories d'œuf cassés et aplatis ne dépassent pas une moyenne de 8 œufs. Les moyennes calculées pour les catégories des œufs secs et parasités sont respectivement de 68,4 et de 152,3. Ceci témoigne l'activité des parasites embryonnaires qui ont tendance à s'installer au cours de la phase de culmination.

En 2008 aucun œuf éclos n'a été noté. Contrairement les œufs secs et les œufs parasités sont fortement représentés, avec 88,7 et 103,7 respectivement. Ces résultats expliquent le schéma typique de la fin de la gradation.

### 6. Biométrie des stades larvaires

L'analyse fréquentielle de figure 45, met en évidence les classes des chenilles selon leur taille en relations avec les stades larvaires de *Lymantria dispar*, Les données recueillies des longueurs s'ajustent à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ( $p=0,0001$ ).

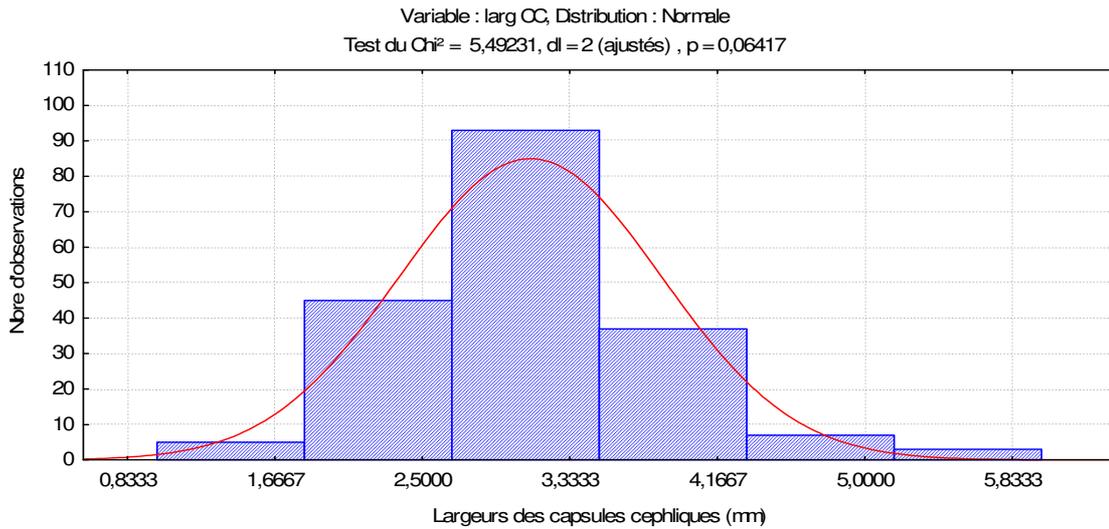


**Figure 45.** Analyse fréquentielle des longueurs des chenilles

La figure 45 met en évidence les mensurations des six classes, représentant les stades larvaires du Bombyx disparate. Le premier stade regroupe les chenilles dont les tailles sont inférieures à 10 mm avec un nombre d'observation très réduit. Ceci s'explique par le faible nombre d'échantillons prélevés à ce stade. Des mensurations à l'émergence des chenilles peuvent apporter plus d'informations biométriques à ce stade.

La deuxième classe représente 65 cas de l'effectif global, à ce stade de développement des chenilles acquièrent des longueurs variant de 12 à 15mm. La classe de 15 à 23mm, caractérisant le troisième stade est présentée par 85 cas. Les mesures des chenilles du quatrième stade varient de 23 à 29mm avec un nombre d'observations de 35, plus faible que les deux précédents stades de développement. Au cinquième stade les chenilles acquièrent des longueurs variables de 29 à 34 mm et ceux du dernier stade se caractérisent par des tailles supérieures à 34 mm.

Afin de mieux caractériser les stades larvaires, nous nous proposons de présenter dans la figure 46 l'analyse fréquentielle des valeurs limites des largeurs maximales des capsules céphalique des différents stades de développement.



**Figure 46.** Analyse fréquentielle des largeurs des capsules céphaliques

L'analyse fréquentielle des stades larvaires a mis en évidence des largeurs maximales des capsules céphaliques réparties en six groupes avec une probabilité significative au seuil de 6% ( $p=0,064$ ).

La synthèse des résultats biométriques relatives aux stades larvaires est regroupée dans le tableau 17.

**Tableau 17.** Synthèse des caractéristiques biométriques des stades larvaires de *Lymantria dispar*.

Stades larvaires	Longueurs des chenilles	Longueurs des capsules céphaliques	Largeurs des capsules céphaliques
<b>L1</b>	< 11	< 1,83	< 2
<b>L2</b>	10-17	1,83-2,66	2-2,80
<b>L3</b>	17-24	2,66-3,5	2,8-3,6
<b>L4</b>	24-36	3,5-4,3	3,6-4,4
<b>L5</b>	30-37	4,3-5,1	4,4-5,2
<b>L6</b>	> 37	> 5,1	> 5,2
<b>Probabilité</b>	<b>0,0004***</b>	<b>0,060</b>	<b>0,030*</b>
<b>Ch<sup>2</sup></b>	<b>13,97</b>	<b>5,49</b>	<b>4,68</b>

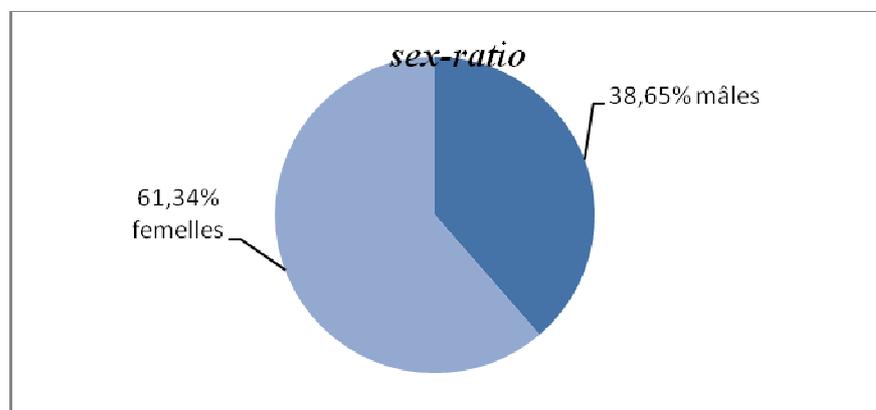
Les résultats biométriques du *Bombyx dispar* sont comparables avec ceux proposés par Fraval *et al.* (1989) qui notent qu'au premier stade la taille varie de 3 à 12mm, au second elle est comprise entre 10 et 18mm, au troisième stade elle varie de 14 à 25 mm, et au quatrième stade elle est entre 20 et 30mm. Les longueurs des deux dernières classes marquent des valeurs supérieures à 40mm qui sont relativement plus significatives que la population prise en considération.

A propos des mensurations des largeurs des capsules céphaliques, Fraval *et al.* (1989) notent des valeurs relativement faibles aux valeurs obtenues pour les 5 premiers stades larvaires.

## 7. Sex-ratio, biométrie et pesées des chrysalides

### 7.1. Sex-ratio de *Lymantria dispar* sur chêne-liège

L'histogramme de la figure 47 illustre les pourcentages calculés des sexes mâles et femelles du stade nymphal. Il est à rappeler que le calcul du sex-ratio est obtenu par la relation nombre de mâles sur le nombre de femelles.



**Figure 47.** Spectre représentant le taux des mâles et des femelles de *Lymantria dispar*

Sur un total de 162 nymphes sexées, la valeur du sex-ratio calculée s'élève à 0,63 en faveur des femelles. A ce sujet, Boudissa (2006) note des valeurs respectives de 0,79 en yeuseraie et de 1,60 en châtaigneraie. Ces différences s'expliquent par les mouvements des populations des chenilles en cours de leur développement dans leur milieu environnant. De même, la composition d'une population reste dépendante de la phase de la gradation.

## 7.2. La relation entre la longueur et la largeur des chrysalides

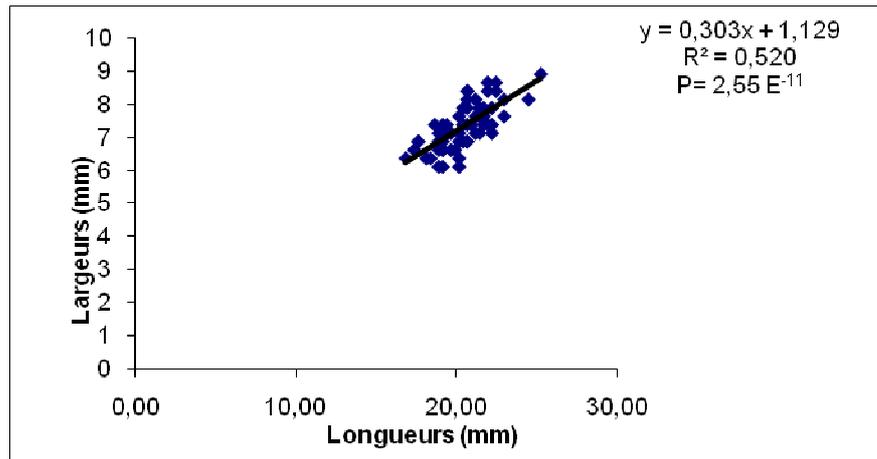
Les résultats des mensurations des longueurs et des largeurs du stade nymphal sont regroupés dans le tableau 18.

**Tableau 18.** Synthèse des caractéristiques biométriques du stade nymphal de *Lymantria dispar*.

Paramètre étudié	Chrysalides mâles		Chrysalides femelles	
	longueurs	largeurs	longueurs	largeurs
Effectifs des chrysalides examinés	62	62	99	99
<b>Moyennes</b>	<b>20,47</b>	<b>7,34</b>	<b>27,37</b>	<b>10,43</b>
Ecart-types	1,62	0,68	2,09	0,8
Valeurs extrêmes	15,23- 16,82	8,9-6,11	34,16-21,57	13,3- 8,74

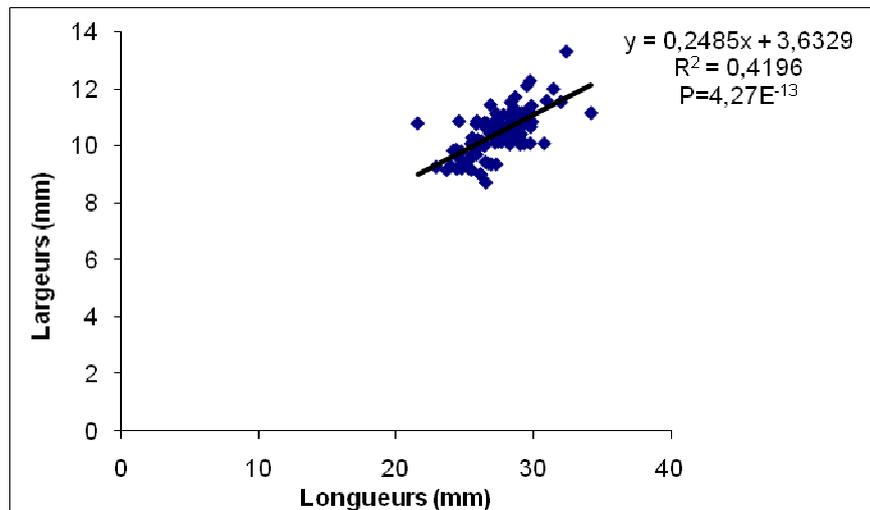
La longueur moyenne des chrysalides mâles est de 20,47mm, celle des femelles s'élève à 27,37mm en moyenne, les écart-types notés sont de 1,62 pour les mâles et de 2,09 pour les femelles.

Les corrélations entre les longueurs et les largeurs des chrysalides mâles et femelles sont représentées par les figures 48 et 49.



**Figure 49.** Relation entre la longueur et la largeur des chrysalides mâles

L'analyse de la régression linéaire, montre une relation entre les longueurs et les largeurs des chrysalides mâles avec une probabilité très hautement significative ( $p = 2,55E^{-11}$ ) et un coefficient de détermination  $R^2 = 0,52$ .



**Figure 50.** Relation entre la longueur et la largeur des chrysalides femelle

De même, l'analyse de la régression linéaire chez les femelles, montre une relation entre les longueurs et les largeurs des chrysalides avec une probabilité très hautement significative ( $p = 4,27E^{-13}$ ) et un coefficient de détermination ( $R^2 = 0,41$ ).

### 8. Chronologie des écophases du Bombyx disparate

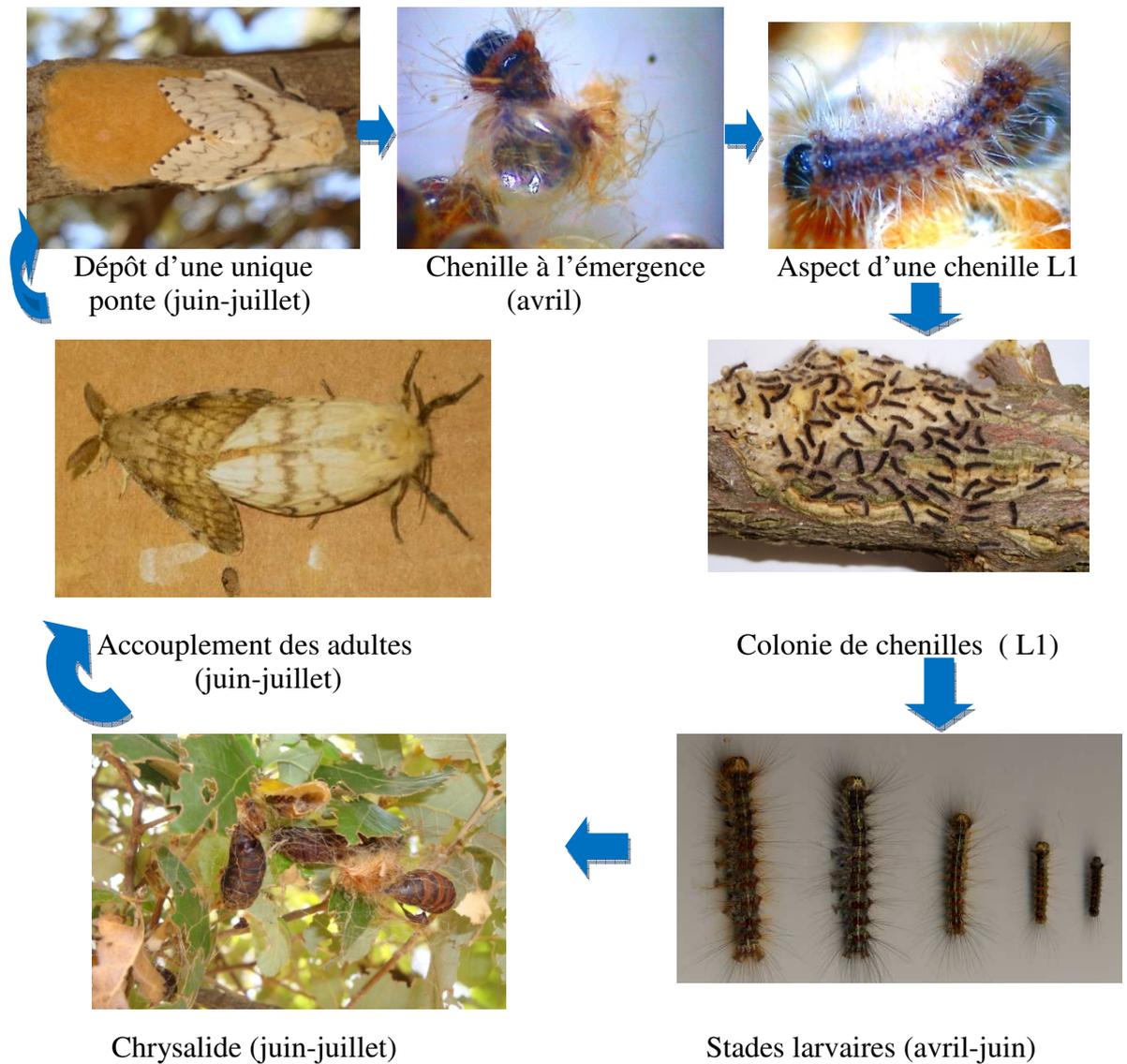
Les observations périodiques effectuées au terrain au cours des années 2007 et 2008, nous ont permis de caractériser les divers états biologiques du Bombyx disparate dans son biotope au cours du temps. Le cycle biologique de l'insecte en relation avec l'altitude et les plantes hôtes est reporté dans le tableau 19.

**Tableau 19.** Comportement biologique de *Lymantria dispar* en relation avec l'altitude (2007/2008)

Stades	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Adulte</b>							XXXX XXX					
<b>Œuf</b>							XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX					
<b>Larve</b>						XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX						
<b>Nymphe</b>							XXXX XXXX					

XX : Phases chronologiques de *Lymantria dispar* en subéraie de Bouarfa (800m)  
 XX : Phases chronologiques de *Lymantria dispar* dans la station mixte de chêne vert, genévrier et cèdre d'altitude (1388 m)

Le Bombyx disparate présente une seule génération par an, les premières éclosions des jeunes chenilles en subéraie ont eu lieu le 28 mars 2008, le développement larvaire s'est échelonné jusqu'au 6 juin début de la formation des chrysalides. Le 20 juin nous avons enregistré l'émergence des premiers adultes et le dépôt des premières pontes. Au niveau de la station mixte en altitude, la formation des chrysalides a débuté le 25 juin, et le premier papillon a été observé le 6 juillet, soit un décalage de plus de 15 jours entre les deux stations. La figure 51 synthétise les différentes écophases de *Lymantria dispar*.



(Originales, 2009)

**Figure 52.** Comportement biologique du *Bombyx disparate*

### 9. Les auxiliaires parasites prédateurs du *Bombyx disparate*

Le cortège d'ennemis naturels de *Bombyx disparate* au Parc National de Chréa et dans la subéraie de Bouarfa a été établi sur la base des observations effectuées sur terrain, et particulièrement à partir des élevages des stades ovo-larvaire et nymphal de l'insecte.

## 9.1. Ennemis du stade embryonnaire

### 9.1.1. Les parasites des œufs

Dans la subéraie de Bouarfa, une seule espèce a été récoltée en forte population au cours de la phase de culmination et de la rétrogradation ; il s'agit de l'*Ooencyrtus kuvanae* (Fig.53) cette espèce d'oophage présente la plus grande activité vis-à-vis de *L.dispar* (Fuester *et al*, 1988 ; Villemant *et al*, 2007).

En l'année 2007, le taux de parasitisme embryonnaire enregistré était de l'ordre de 29%. En 2008 nous avons noté un taux de 46,29%. Dans la forêt de la Mamora au Maroc Herard (1978) a évalué le taux de parasitisme embryonnaire entre 40 et 55%. Dans la forêt mixte, de cèdre de l'Atlas et du chêne vert à Tikjda (Djurdjura), Khouss et Demolin (1997) ont noté un taux de parasitisme moyen de 57,5%. Ces résultats sont comparables à nos valeurs malgré les dates d'observations éloignées. Le taux de parasitisme augmente proportionnellement avec la surface des pontes de l'hôte. Au cours d'une gradation, les œufs de la couche superficielle sont plus faciles à atteindre par les parasites embryonnaires que les couches internes (Weseloh, 1972 in Herard, 1978). Les excavations des prédateurs-démoteleurs permettent l'accès aux œufs profonds mais diminuent le nombre d'œufs disponibles pour le parasite (Fraval, 1986).

Parmi les œufs parasités par *Ooencyrtus kuvanae*, en l'année 2008, 1% de la population présente deux trous et un pourcentage relativement trop faible présente trois trous (Fig.53). Seule l'observation d'œuf à deux trous a été mentionnée en littérature par Villemant (1993), ceci témoigne de l'activité polyembryonnaire de l'insecte aux grandes potentialités de répondre souvent aux fortes infestations. L'utilisation en lutte biologique de l'*Ooencyrtus kuvanae*, a fait ses preuves depuis presque un siècle et mérite plus d'attention dans le cadre d'intervention pratique en forêts. En forêt mixte d'altitude en plus de l'*Ooencyrtus kuvanae*, nous avons répertorié l'espèce *Anastatus disparis* avec un effectif très limité (Fig.53).



*Anastatus disparis*



*Ooencyrtus kuvanae*



Œuf avec trois trous de sortie de parasite

(Originale, 2009)

**Figure 53.** Parasitisme embryonnaire du *Bombyx dispar*

### 9.1.2. Les prédateurs des œufs

En plus des groupes d'Arthropodes exposés dans la partie faune associée aux pontes, des observations directes au terrain ont montré la présence de fourmis et des punaises prédatrices des œufs de *Lymantria dispar*. A cela s'ajoute la coccinelle, *Adalia decipunctata* qui est en règle générale aphidiphage, mais souvent elle cherche une nourriture alternative d'œufs de Lépidoptères (Fig.54). Selon Herard (1979) le taux d'œufs détruits par les prédateurs peut atteindre les 50% de la population.



*Brachysteles parvicornis*



*Adalia dicipunctata*



*Crematogaster scutellaris* (4mm)



*Cataglyphis viaticus* (8mm)



*Camponotus cruentatus* (7,5mm)



*Aphaenogaster testaceopilosa* (7mm)

(Originale, 2009)

**Figure54.** Autres prédateurs observés en présence des pontes de *Lymantria dispar*

## 9.2. Ennemis des stades larvaires

### 9.2.1. Parasites larvaires

Une seule espèce d'*Apanteles* a été notée au cours de nos investigations (Fig.55). Luciano *et al*, 1982 in Villemant (2006) notent que ce braconide présente une efficacité très variable, dépassant rarement 20% en association avec d'autres parasites larvaires. Le deuxième groupe de parasites répertoriés est représenté par des tachinaires. Une seule espèce a été notée, il s'agit d'*Exorista segregata* (Fig.55), qui parasite les larves âgées et les prenymphe. Les taux de mortalité attribués à ces espèces varient selon les pays et selon le niveau de la gradation, (Hamra Kroua, 1986). Herard, (1979) notent que l'action des tachinaires est fortement réduite lors des épidémies dues aux virus et aux bactéries entomopathogènes.



**Cocon de l'*Apanteles***



***Apanteles* adulte**



**Pupes de Tachinaire**



***Exorista segregata***

(Originales, 2009)

**Figure 55.** Parasites larvaires du *Bombyx disparate*

### 9.2.2. Prédateurs larvaires

Le *Calosoma sycophanta*, prédateur très actif de *Lymantria dispar*, a été rencontré dans toutes les zones infestées (Fig.56). Selon Dajoz (1980), durant les 50 jours de son activité annuelle, un adulte peut dévorer de 235 à 336 chenilles de *Lymantria dispar*. Une larve de troisième stade de calosome dévore de 25 à 30 chenilles âgées ou chrysalides par jour.



(Originale, 2009)

**Figure 56.** *Calosoma sycophanta* prédateur larvaire du Bombyx disparate

## 9. 3. Ennemis du stade nymphal

### 9. 3.1. Parasites du stade nymphal

Au cours de la phase nymphale, trois espèces de parasites ont émergé du matériel biologique mis en observation ; il s'agit du Chalcididae, *Brachymeria intermedia*, du Torymidae, *Monodontomerus aereus* et de l'Icheumonidae, *Pimpla instigator* (Fig.57) qui peut même parasiter des chenilles âgées de diverses autres Lépidoptères forestiers comme les espèces du genre *Catocala*. Parmi ces auxiliaires utiles, *Brachymeria intermedia* reste le parasitoïde nymphal le plus actif comme c'est le cas dans nombreux pays (Villemant, 2006). Cette espèce a émergé à partir des nymphes récoltées dans les diverses stations. Les taux de parasitismes de ces espèces sont sous la dépendance du milieu environnemental et de la phase de la gradation.



*Brachymeria intermedia* (6mm)



*Monodontomerus aereus*(3mm)



*Pimpla instigator* (15mm)

(Originale, 2009)

**Figure 57.** Parasites du stade nymphal du *Bombyx dispar*

### 9. 3.2. Prédateurs du stade nymphal

Les larves de *Calosoma* s'alimentent principalement des chrysalides de *Lymantria dispar* (Fig.58). Cette relation trophique a été observée dans les divers sites prospectés. A ce sujet, Fraval et Mazih (1980) notent qu'au Maroc les chrysalides ont été détruites dans la proportion de 24 à 31% par les larves de *Calosoma sycophanta*.



(Originale, 2009)

**Figure 58.** Larve de *Calosoma sycophanta* s'alimentant des nymphes de *Lymantria dispar*

## 10. Agents pathogènes

Des maladies virales ont été notées sur les stades chenilles, essentiellement le virus polyèdres (Fig.59). De même des attaques des champignons, *Beauveria bassiana*, et de *Metarhizium* ont été observées sur les pontes et les chrysalides de *Lymantria dispar* (Fig.60).



(Originale, 2009)

**Figure 59.** Aspect d'une chenille atteinte par le virus de la polyèdrose



Ponte envahie par du *Metarhizium*

Ponte envahie par *Beauveria bassiana*

Originale (2009)

**Figure 60.** Champignons sur les pontes de *Lymantria dispar*

### 11. Répertoire des plantes hôtes de *Lymantria dispar*

Dans les peuplements prospectés, le Bombyx disparate présente une large répartition altitudinale, depuis 800 m d'altitude jusqu'à 1400 m, ravageant des forêts pures de chêne-liège, de châtaigner et du chêne vert avec ses associations. Les strates arbustives et herbacées sont très infestées en phase de culmination. Le tableau 15 regroupe les plantes hôtes répertoriées sur la base des observations effectuées au cours de nos investigations.

**Tableau 20.** Liste des plantes hôtes du Bombyx disparate

Noms scientifiques	Familles	Noms communs
<i>Quercus suber</i>	Fagacées	Chêne-liège
<i>Quercus ilex</i>	Fagacées	Chêne vert
<i>Castanea sativa</i>	Fagacées	Châtaignier
<i>Ilex aquifolium</i>	Aquifoliacées	Houx
<i>Pinus halepensis</i>	Pinacées	Pins d'Alep

<i>Eucalyptus sp</i>	Myrtacées	Eucalyptus
<i>Cupressus sempervirens</i>	<b>Cupressacées</b>	Cyprès
<i>Cupressus pyramidalis</i>	<b>Cupressacées</b>	Cyprès
<i>Cedrus atlantica</i>	Pinacées	Cèdre de l'Atlas
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<b>Cupressacées</b>	Genevrier
<i>Prunus avium</i>	Rosacées	Merisier
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Papilionacées	Robinier
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiacees	Lentisque, pistachier
<i>Erica arborea</i>	Ericacées	Brière
<i>Calycotome spinosa</i>	Papilionacées	Gendoul
<i>Genista tricuspidata</i>	Papilionacées	Genêt
<i>Cytisus triflorus</i>	Papilionacées	Cytise
<i>Briza maxima</i>	Graminées	Brize, Amourette
<i>Clematis flammula</i>	Renonculacées	Clématite
<i>Rosa sempervirens</i>	Rosacées	Rosier
<i>Myrtus communis</i>	Myrtacées	Myrte
<i>Chrysanthemum grandiflorum</i>	Anthemidées	Zelifa
<i>Mentha pulegium</i>	Lamiacées	Menthe
<i>Rubus caesius</i>	Rosacées	Allaïq, Leudj
<i>Rubus ulmifolius</i>	Rosacées	Allaïq, Leudj
<i>Linum usitatissimum</i>	Linacées	Lin
<i>Urtica dioica</i>	Urticacées	Ortie

Dans les sites prospectés, 27 plantes hôtes du Bombyx disparate ont été identifiées. Parmi la flore citée, la strate arborescente est la plus recherchée. Les dégâts de Bombyx disparate ont été notés sur 13 espèces d'arbres. Les fagacées restent les plus appréciées par les

chenilles de *Lymantria dispar*. Les espèces herbacées et arbustives sont moins consommées en général.

## 12. Principales espèces compétitrices du *Bombyx disparate*

### 12.1. *Ephesia nymphaea* (*Catocala*)

L'espèce a été localisée principalement en altitude sur le chêne vert en juin 2009, correspondant à la fin de la gradation (Fig.61). Les chenilles très actives d'*Ephesia nymphaea* se chrysalident à la fin de leur évolution entre deux ou trois feuilles qu'elles rassemblent. Cet aspect très caractéristique facilite la reconnaissance de l'espèce (Fig.61). Des défoliations localisées ont été notées sur divers chênes dans le nord de l'Algérie.



**Adulte à l'émergence**

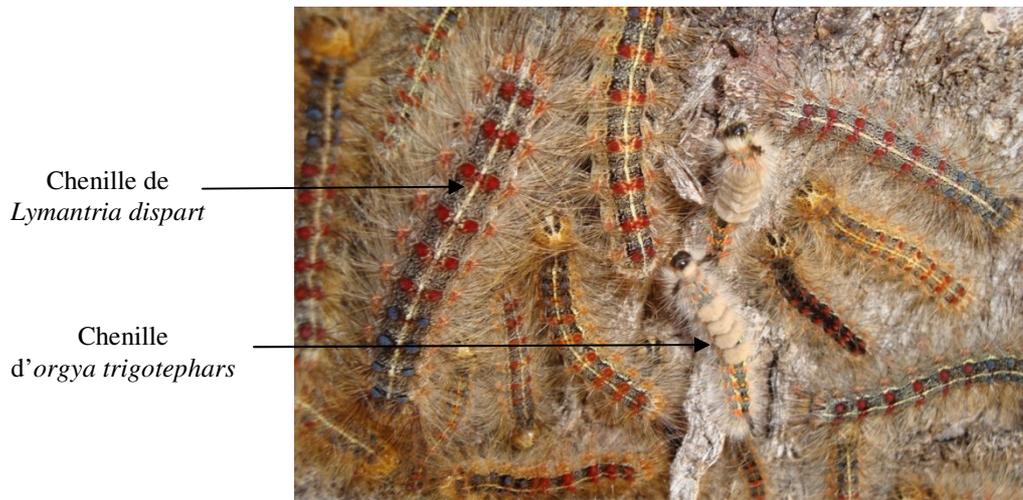
**Aspect de l'état nymphal**

*Originale (2009)*

**Figure 61.** *Ephesia nymphaea* (*Catocala*)

### 12.2. *Orgya trigotephras*

C'est une espèce de la méditerranée occidentale, présente en Algérie. L'espèce est monovoltine, son cycle de développement est comparable à celui du *Bombyx dispar* avec qui, elle rentre en compétition. Elle s'attaque principalement au chêne-liège et au chêne vert. Les chenilles sont particulièrement reconnaissables par la présence de touffes de poils blanchâtre disposées en séries à la face dorsale (Fig.62).



*Originale (2009)*

**Figure 62.** Chenilles d'*Orgya trigotephras* et de *Lymantria dispar*

Les femelles sont aptères et se nymphosent dans un cocon de soie blanchâtre dans les crevasses du liège, les fissures du tronc et même à la surface des feuilles du chêne vert (Fig.63). Les mâles ailés tissent fréquemment leur cocon dans le feuillage des chênes. L'émergence des adultes s'échelonne du mois de juin jusqu'au début du mois de juillet.



Mâle ailé



Femelle aptère en présence d'une nymphé de *Lymantria dispar*

*(Originales 2009)*

**Figure 63.** Adultes d'*Orgya trigotephra*

### 12.3. La tordeuse verte, *Tortrix viridana*

La tordeuse verte présente une génération par an. Les adultes sont facilement reconnaissables à leur couleur verte (Fig. 64), et opèrent des déplacements de grandes amplitudes (Du Merle, 1980). Après l'éclosion, les jeunes chenilles s'alimentent d'abord à l'intérieur des bourgeons, le feuillage sera consommé plus tard. Le développement des chenilles passe par 5 stades larvaires et dure environ 1 mois.

Dans les zones prospectées, *Tortrix viridana* a été rencontrée en altitude sur le chêne vert. Ce défoliateur s'attaque à la majorité des chênes de la région paléarctique (Du Merle, 1999).

L'infestation de la tordeuse verte précède de quelques semaines celle de *Lymantria dispar*. De ce fait, elle constitue un véritable compétiteur de ce dernier. En effet, les chenilles de *L. dispar* à leur éclosion ont besoin d'un jeune feuillage, qui est consommé au préalable par son compétiteur *Tortrix viridana*.



Originale (2009)

**Figure 64.** Adultes de la tordeuse verte, *Tortrix viridana*

#### 12.4. *Polydrosus*

Il est connu que les espèces de genre *Polydrosus* sont très polyphages, ils se développent sur diverses essences forestières appartenant aux genres *Quercus*, *Pinus*, *Fraxinus* ainsi que sur des rosacées arborescentes cultivées et spontanées (Fig.65). On connaît environ 180 espèces de *Polydrosus* dispersées dans l'ancien continent, la Sibérie et le Japon. Quelques une ont été importées en Amérique (Hoffmann, 1950).



*Originale (2009)*

**Figure 65. Espèces de *Polydrosus* sur feuille de chêne-liège**

Les larves du genre *Polydrosus*, s'alimentent des racines de diverses plantes herbacées annuelles, tandis que les adultes se nourrissent aux dépens des feuilles. Les femelles émettent leurs œufs dans les tissus végétaux. Les espèces rencontrées en abondance sur les feuilles de *Q. suber*, sont de couleur brunâtre ou verdâtre, fréquentes dans la subéraie de Bourfa et en yeuseraie du Parc National de Chréa.

## Conclusion

En Algérie, le Bombyx disparate est présent dans toutes les subéraies, mais pullule cycliquement que dans certaines d'entre-elles. Depuis l'année 2006, les attaques du Bombyx disparate ont réapparu dans divers chênaies du Nord de l'Algérie. L'étude conduite dans les peuplements forestiers de l'Atlas blidéen a mis en évidence les principaux aspects écologiques et biologiques de l'insecte en phase de gradation. Les résultats obtenus viennent s'ajouter et compléter les différents travaux déjà réalisés sur *Lymantria dispar*.

Le dénombrement des pontes effectué sur diverses plantes hôtes, a montré des effectifs plus élevés sur les essences, *Cupressus sempervirens*, *Quercus suber* et *Cedrus atlantica*. L'évaluation des taux de démantèlement, a montré que les pontes du Bombyx disparate se conservent mieux sur les résineux, contrairement aux feuillus particulièrement le chêne liège qui présente des démantèlements plus significatifs. L'analyse des pontes de diverses provenances montre que le matériel biologique récolté sur les feuillus hébergent plus d'espèces et d'individus que les pontes sur les conifères, ce qui confirme le schéma des démantèlements enregistrés en relation avec les plantes hôtes. Le choix des sites des pontes rentre vraisemblablement dans la stratégie de sélection des femelles pondueuses pour l'émission de leurs œufs. Cet aspect reste complexe et dépend de toutes les variables environnementales

Afin de caractériser l'état de la gradation du Bombyx disparate, une étude biométrique des pontes et un dénombrement des œufs en provenance de chêne liège a été effectuée au cours de deux années consécutives. La comparaison des surfaces moyennes des pontes calculées montre qu'en 2007 elles sont nettement plus significatives, renfermant davantage plus d'œufs que celles récoltées en 2008. L'analyse des catégories d'œufs, révèle que l'année 2007 s'est caractérisée par l'émergence de fortes populations, contrairement à l'année 2008 où une absence totale d'éclosions a été notée avec une forte proportion d'œufs cassés et parasités. Les destructeurs des pontes et les parasites ont participé en grande partie à la retrogradation de *Lymantria dispar* notée en l'année 2009.

La chronologie des différentes écophases du Bombyx disparate menée en subéraie à Bouarfa et en cédraie mixte d'altitude a mis en évidence un décalage du cycle de l'ordre d'une quinzaine de jours en altitude.

Dans son milieu naturel, dans les divers sites prospectés un cortège d'ennemis naturels s'associe au Bombyx disparate et son impact varie en fonction de l'espèce et de l'année de

la gradation. L'espèce *Ooencyrtus kuvanae* reste l'antagoniste le plus actif du stade embryonnaire, *Apanteles* et le *Calosoma sycophanta* réduisent considérablement l'effectif des populations du ravageur à l'état larvaire. Le Chalcididae, *Brachymeria intermedia*, ainsi que les larves de calosome sont les principaux ennemis du stade nymphal. Il est à rappeler que l'insecte présente une large répartition selon un plan altitudinal, s'attaquant à une diversité d'espèces végétales. D'autres phyllophages présentent des préférences comparables vis-à-vis du substrat alimentaire, rentrant en compétition avec le *Bombyx disparate*. *Tortrix viridana*, *Ephesia nymphaea* et *Orgia trigotephra* sont les principaux Lépidoptères concurrents décelés au cours de la rétrogradation du ravageur. Parmi les Coléoptères nous retenons l'activité des compétiteurs des espèces du genre *Polydrosus* qui s'attaquent aux feuillages des chênes au cours de la période végétative.

Au cours de ces deux dernières années nous assistons à plusieurs mouvements complexes des populations des Lépidoptères qui s'effectuent en relation avec l'état de la gradation du *Bombyx disparate* et le milieu environnemental. Ce groupe d'insectes mérite une grande attention afin de prévenir de nouvelles pullulations et d'assurer une meilleure gestion des chênaies.

L'effort doit être mené davantage pour tirer plus d'informations sur la dynamique des populations et les fluctuations spatio-temporelles du *Bombyx disparate* et de ces compétiteurs afin de mettre au point des méthodes de surveillance et des stratégies qui permettront d'assurer une protection des chênaies, particulièrement les subéraies.

L'apparition de foyers du *Bombyx disparate* ces dernières années, mérite une attention plus particulière sur son évolution et sa cartographie géographique d'une manière plus générale dans le nord du pays. Un programme méditerranéen d'intervention et de recherches sur le *Bombyx disparate* serait plus intéressant pour mieux cerner le problème dans toutes ses composantes environnementales.

## Références bibliographiques

1. Abgrall J.F., Soutrenon A. 1991. *La forêt et ses ennemis*. CEMAGREF. 399 p.
2. Atay Kadiri Z., Semlali A., Benhsain N., Villemant C., 2002. Action de *Melia azedarach* (Meliaceae) sur la reproduction et le développement de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) Integrated Protection in oak forests. *OILB/WPRS Bull.* 25 (5):139-146.
3. Balachowsky A., Mesnil L. 1935. *Les insectes nuisibles aux plantes cultivées*. Tome 1. Busson, Paris, 627p.
4. Ben Jamaa M.L., M'nara S., Villemant C., Khaldi A., 2002. *Lymantria dispar* L (Lepidoptera, Lymantriidae) en Tunisie : état actuel des connaissances et perspectives de recherche. *IOBC/wprs. Bull.*, 25 (5) : 101-108.
5. Berryman A.A., 1976. Theoretical axplanation of mountain pine beetle dynamics in lodgepole pine forests, *Environ. Entomol.* 5, 1225-1233.
6. Boudissa K., 2006. *Contribution à l'étude de la bioécologie de Lymantria dispar en châtaigneraie et en yeuseraie à Chrèa (Blida)*. Thèse. Ing .Inst. Nati. Agro. El- Harrach. Alger, 66 p.
7. Boudy P., 1950. *Economie forestière nord africaine*. Tome 2(1) : Monographie et traitements des essences forestières. Ed. Larose, Paris, 525p.
8. Boudy P., 1955 *Economie forestière nord africaine* .Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Ed. Larose, Paris, 483p.
9. Bouhou A., 1996 *Etude de la qualité du liège de reproduction dans les subéraies de plaines*. Mem.3eme cycle, ENFI, Sale, 103p.
10. Bouhraoua R.T., 2003. *Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest algérien. Etude particulière des problèmes posés par les insectes*. Thèse. Doct. Dept. Forest. Fac.Sci.,Univ.Tlemcen , 267p.
11. Bouslihim O., 1996. *Contribution à l'étude socio-économique de la filière liège au Maroc*. DES., Sci. Econm., univ. Mohamed V Rabat. 342 p.
12. Camus A., 1929. *Les châtaigniers*. Ed. Chevalier .Paris.120p.

13. Chakali G., Attal-Bedreddine A., Ouzani H., 2002. Les insectes ravageurs des chênes, *Quercus suber* et *Quercu ilex*, en Algérie. *IOBC Wprs. Bull.*25 (5) :101-108.
14. Chakali G., Ghelem M., 2008. Etat sanitaire des subéraies en Algérie, *Annale de la recherche forestière au Maroc*. Tome (39) 93 9 : 93-99.
15. Chiheb A., Aouad H., 1998. Les possibilités du développement de la subéraie dans le parc d'El KALA (Nord Est Algérien), *C. R. des 1<sup>ère</sup> journées techniques sur le Chêne-liège. Parc National d'El Kala*, pp-6-15.
16. Dahmani M., 1997..*Contribution à l'étude des groupements à chêne vert (Quercus rotundifolia Lamk) des monts de Tlemcen (ouest Algérien) approche phytoécologies et phytosociologiques*. Thèse Doc., Inst .Bio. USTHB.238p.
17. Dajoz, R., 1980. *Ecologie des insectes forestiers*. Gautiers-Villars. Paris, 489 pp.
18. De Sousa E., (1996). *Contribution à l'étude de la biologie des populations de Platypus cylindrus (Coleoptera : Platypodidae) dans des peuplements de chênes- lièges au Portugal*. Thèse Doc., Uni. Claude Bernard Lyon I, 163 pp.
19. Dekoumi B., 1978. *Etude des possibilités d'extension du châtaignier Castenea sativa en Algérie*. Thèse Mag, INA ; El Harrach. Alger ,81p.
20. Du Merle, P. 1980. Utilisation de pièges sexuels dans une étude de la tordeuse verte du chêne, *Tortrix viridana* L. en montagne Méditerranéenne. Colloques de l'INRA sur les phéromones sexuelles et les médiateurs chimiques chez les insectes : utilisation en lutte intégrée, *Colmur* : 125-129.
21. Du Merle, 1999. Développement parthénogénétique chez la tordeuse verte du chêne, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera, Tortricidae). *Bull.Soc, entomol,Fr.* , 104 (1) : 85-90.
22. El Hassani, A., Graf, P., Hamdaoui, M., Harrachi, K., Messaoudi, J., Mzibri, M., Stili, A. 1994. *Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts*. Edition D.P.V.C.T.R.F., Rabat, 203 p.
23. Fraval A., El Yousfi., 1989. Dispersion active et passive de *Lymantria dispar* (L) (Lép ; Lymantriidae), cas de la subéraie Marocaine atlantique. *J. Appl.Ent.*108. Rabat. Maroc : 335-346.
24. Fraval A., Graf P., Hamdaoui M., Kadiri Z., Ramzi H., Villemant C., 1989. *Lymantria dispar*. Actes Editions, Rabat, 220 p.

25. Fraval A., Herard F., 1975. Programme de prospection de la faune antagoniste de *Lymantria dispar* (L.) au Maroc U.A.V. Doc. Labo. Zool. I.A.V. Hassan II Maroc, 45 p.
26. Fraval A., 1984. Influence de la qualité et de la quantité de l'alimentation sur les fluctuations des populations de *Lymantria dispar* en forêt de la Mamora (Maroc). *Agronomie*, 4 (9) : 819-828.
27. Fraval A., 1986. La régulation des populations de *Lymantria dispar* (Lepidoptera., Lymantriidae) en subéraie marocaine atlantique : effets du climat, des entomophages et des facteurs anthropiques. *Appl. Ent.*, 102 :38-52.
28. Fraval A., 1989. *Lymantria dispar*, Ed. Actes. Rabat, 220 p.
29. Fraval A., Jarry N., Questienne P., 1977. Traitement expérimentaux contre *Lymantria dispar* (L.) en Mamora. *Ann. Rech. For.Maroc*, (17) : 77-92.
30. Fuester R.W., Gruber F, Drea J.J., Herfried H., 1988. Parasites of *Lymantria dispar* (Lepidoptera. Lymantriidae) in France and their relation to a biological control program. *Acta. Ecologica*, Vol. 9 (4): 385-402.
31. Guinier PH., 1947. *Technique forestière* .Ed. La maison rustique. Paris, 316 p.
32. Hamra Kroua S., (1986). Note préliminaire sur les ennemis naturels de *Lymantria dispar* dans les forêts de Chêne-liège dans le nord constantinois. *Ann. Inst. Nati. Agro. El Harrach*. Alger. Vol 10. N 1. Pp 26-44.
33. Hamra Kroua S., 1989. *La bioécologie de la "Spongieuse" Lymantria dispar dans les forêts de Chêne-liège dans le nord constantinois*. Thèse de Mag. Univ. Constantine. Algérie, 98p.
34. Herard F., 1978. Comportement des adultes d'Ooencyrtus Kuvanae (Howard) (Hym. : Encyrtidae) parasite oophage de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. : Lymantriidae) en forêt de Mamora (Maroc). *Ann. Zool. Ecol. Anim*, 10 (4) : 603-611.
35. Herard F., 1979. Action des ennemis naturels de *Lymantria dispar* (Lep. Lymantriidae) en forêt de la Mamora (Maroc). *Entomophaga*, 24(2) : 163-175.
36. Herard F., Fraval A., (1980). La répartition et les ennemis naturels de *Lymantria dispar* (L.)(Lép.Lymantriidae) au Maroc. *Acta. Ecologica*, 1(1) :35-48.
37. Herard F., (1984). Etude des relations trophiques entre *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera. Lymantriidae) et *Quercus suber* (L.) (Fagaceae) dans les

- conditions - simulées en laboratoire - de la forêt de Mamora (Maroc) :1, Enoncé général des résultats. *Actes Inst. Agro. Vét. (Maroc)* ,4 (1) : Pp 147-155.
38. Hoffmann A., 1950. *Faune de France Coléoptères curculionides* (première partie).Ed. Le Chevalier, 486p.
39. Jacquot C., 1938. *Le chêne vert*. Ed. Hermam et Cie, Paris, 74p.
40. Kassim S., 1988. *Les ennemis de Lymantria dispar L. (Lep.Lymantriidae) en subéraie de la Mamora (Canton A) en 1987-88*. Mém. Ing. Phytiatre. I.A.V.Hassan II (Rabat) ,73p.
41. Khouss M.G. 1993. *Contribution à l'étude de l'écologie et du contrôle naturel de Lymantria dispar en chênaie verte du Djurdjura (Tikjda)*. Thèse de Magister Biologie, USTHB, Alger, 133p.
42. Khouss M.G., 1991. Note sur le contrôle naturel de la spongieuse en Algérie. Séminaire sur le Chêne-liège. *Inst. Nat. Rech. Forest. Déprt. Prot. Forêt*. Jijel, Mars, 5p.
43. Khouss M.G., 2000. *Ooencyrtus kuwanae* : Parasitoïde oophage de *Lymantria dispar*. *La forêt Algérienne*. (3) : 23-24.
44. Khouss M.G., Demolin G., 1997. Contribution à la dynamique intracyclique de *Lymantria dispar* L. en forêt de Tikijda (Parc National). *Bull. Soc. Hist.nat. Afr.* N° 72 : 65-79.
45. Luciano P., Roversi P., 2001. *Fillofagi delle Quercus in Italia*. Ed. Sassari. 161 p.
46. Luciano P., Andrea L., 2005. La lutte aux lépidoptères défoliateurs des subéraies dans la province de Sassari. Ed. Sassari. pp 57-59.
47. M'hirit O., 2006. *Taxonomie et répartition historique, le cèdre de l'Atlas*. Ed. Mardaga. pp. 13-16.
48. Mnara S., Ben jamaâ L., Nouira S., 2005. Bilan sur les observations sur *Lymantria dispar* (L.). *OILB/WPRS Bull.* 28 (8):147-154.
49. Marie R., 1952. *Flore de l'Afrique du nord*. Ed. le chevalier. Paris. Vol.15
50. Martin J.C., Bonnet C., 2007. Dossier le Bombyx disparate. I.N.R.A., U.E.F.M., 15p.
51. Mazih A., 1978. Tables de mortalité comparées pour *Lymantria dispar* (Lep.Lymantriidae) en subéraie de la Mamora. Mém. Ing. Phytiatre. I.A.V. Hassan II (Rabat) ,41 p.

52. Michaud H., Toumi L., Lumaret R., Li T.X., Romane F., Di Giusto F., 1995. Effect of geographical discontinuity on genetic variation in *Quercus ilex* L. (holm oak). Evidence from enzyme polymorphism. *Heredity* 74 : 590-606.
53. Natividade J.V., 1956. *Subericulture*. Ecole Nationale des eaux et forêts, Nancy, 302p.
54. Nierhaus-Wunderwald D., Wermlinger B., 2001. Le Bombyx disparate (*Lymantria dispar* L.). Inst. Fede. Rech. WSL. Birmensdorf. Vol.34, 8p.
55. Ouakid M.L., Farine J.P., Soltani N., 2001. Evaluation de l'activité entomopathogène d'une souche locale du champignon *Metarhizium anisopliae* sur les larves de *Lymantria dispar*. IOBC Wprs Bull., 28 (8) :185-191.
56. Oukhrouf M., 1996. *Contribution à l'étude des propriétés physiques et physico-chimiques du liège ; cas de la Maamora*. Dip. D'Etude Sup. ; fac. Sci.; univ. Mohamed V Rabat. 157p.
57. Plaisance G., (1977). Le chêne-liège. *Forêt Privée*, 118, pp-57-64.
58. Questienne P, Fraval A., 1977. Etude des caractéristiques de la population de pontes de *Lymantria dispar* sur un Chêne-liège, en forêt de Mamora. *Ann. Rech. For. Maroc.* (17) : 125-141.
59. Quezel P., 1956. Contribution à l'étude des forêts de chêne à feuilles caduques d'Algérie. *Mem. Soc. Hist. Nat. Afr. Du Nord.* N.S., 1 :1-57.
60. Quezel P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen .In Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Note technique MAB, 2 : UNESCO, Paris. 9-33.
61. Quezel P., 2000. *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen*. Ibis Press, Paris, 117p.
62. Ridet J.M., 1972. Etude des conditions optimales d'élevages et d'alimentation de *Lymantria dispar* L. *Ann. Soc. Ent .Fr.* (N.S), 8 (3) : 653-668.
63. Romanyr N., 1966. Enemigos naturales de la *Lymantria dispar* L., En Espana. *Act. Sexto congreso Forestal Mundial*. Espana Congrès. Espana. 157-163.
64. Tricaud P., 1913. *Le châtaignier culture et utilisation*. Ed. Maison rustique. Paris .138p .
65. Vignes E., 1990. Le traitement du taillis du chêne dans le Var. O.N.F. *Arboréscence.* n°26, 21-23.

66. Villemant C., Fraval A., 1999. Les gradations de *Lymantria dispar* en Europe et en Afrique du Nord. *IOBC/WPRS Bull.* 22(3) : 71-79.
67. Villemant C., 1993. *Les prédateurs-démantèleurs des pontes de Porthetria dispar dans les subéraies marocaines*. Thèse. Doc. Université d'Orléans, Tome 1, 281p.
68. Villemant C., 2003. Le Bombyx disparate en corse. *Insectes*, Vol. 3 (130). 10p.
69. Villemant C., 2005. La gradation 2000-2003 du Bombyx disparate en Corse : échantillonnage simplifié des pontes et étendue des défoliations. *IOBC/WPRS Bull.*, 28(8) : 155-162.
70. Villemant C., 2006. Bilan de la situation de *Lymantria dispar* dans l'ouest de bassin méditerranéen. *Actes du Congrès International Entomologie et Nématologie. Institut National Agronomique, El Harrach, Alger* : 101- 114.
71. Villemant C., Andrei-Rei-Ruzi M.C., Leca E., 2006. Le Bombyx disparate, défoliateur des subéraies et yeuseraies de Corse et du bassin méditerranéen. *Bull. Soci. Scie Hist. Nat. Corse. BSSHNC N°714-715* 145 p.
72. Villemant C., Fraval A., 1999. Les gradations de *Lymantria dispar* en Europe et en Afrique du Nord. *IOBC Wprs Bull.* 22(3): 71-79.
73. Villemant C., Andrei-Ruzi M.C., Leca E., 2007. Le Bombyx disparate, défoliateur des subéraies et des yeuseraie de corse et du bassin méditerranéen. *Bull. Soc. Sci. Hist .Nat., Corse* : 1-30.
74. Yessad S.A., 2001. *Le Chêne-liège et le Liège dans les pays de la Méditerranée occidentale*. Ed.MRW.123p.
75. Zeraia L., 1982. *Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provenance cristalline (France méridionale) et d'Algérie*. Thèse Doc. Es Sci., Aix- Marseille, 367p.