

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH-ALGER-

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة-احلراش-اجلزائر-

Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat

En Sciences Agronomiques

THEME

*Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetaupoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie.*

Par : Mme Lvnda BOUCHOU

Jury :

Président :	Mme. DOUMANDJI B.	Professeur (ENSA El-Harrach)
Promoteur :	M. CHAKALI G	Professeur (ENSA El-Harrach)
Examineurs:	M. MOULAI. R. M.	Professeur (Université de Bejaia)
	MOKABLI A.	Professeur (Université Khemis Miliana)
	M.HAMMACHE M.	MCA (ENSA. El-Harrach)
	Mme MEDJDOUB F.	Professeur (Université de Tizi-Ouzou)

2015

Remerciements

Toutes ma gratitude et ma reconnaissance va à Monsieur GAHDAB CHAKALI, PROFESSEUR à l'école nationale supérieure Agronomique, mon directeur de thèse pour m'avoir accepté et dirigé ce modeste travail de doctorat, pour son aide, sa patience et ses conseils ainsi que ses encouragements.

A MADAME DOUMANDJI MITICHE B., professeur à l'école nationale supérieure Agronomique, pour ses encouragements et ses conseils pour mener à bien ce travail et pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Ma profonde gratitude va vers Madame le professeur MEDJDOUB-BENSAAD F., professeur à l'Université de Tizi Ouzou qui a bien voulu accepter de faire partie de mon jury et de juger ce travail.

Je tiens aussi à remercier MONSIEUR HAMMACHE M. Maître de conférence (A) pour ses conseils toujours utiles et d'avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie ainsi, Monsieur MOKABLI A. PROFESSEUR à l'Université Djilali Bounaawa, Khmis Miliana qui a bien voulu accepter de faire partie de mon jury et de juger ce travail.

Je remercie ainsi, Monsieur MOULAI RIADH, PROFESSEUR à l'Université de Béjaia qui a bien voulu accepter de faire partie de mon jury et de juger ce travail.

J'adresse mes remerciements également aux forestiers pour leur contribution durant la période d'expérimentation.

Je remercie également Monsieur le Directeur Général du CNCC en la personne de M KHEDDAME M. qui a bien voulu accepter de réaménager mes horaires de travail et de me libérer et Monsieur MOKRANE M. Chef de départements Catalogue au CNCC.

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à ce travail, tel que, Monsieur Ghenem Mohamed du département Zoologie, Mr Bouyaiche de l'INRF et Mme Samia de l'INRF et surtout Mr Guachi de l'INRF pour avoir mis à ma disposition une documentation très intéressante, mes sincères remerciements Karim AIT KACI pour son aide, son amitié et ses encouragements, je remercie également Mr karim de la météo pour son aide, mes collègues de travail Mme Abdat Sabine et Melle Kadim Aicha.

Mes meilleurs remerciements s'adressent à mon très cher mari M ZAID ABDELMADJID pour sa patience et son aide, sans oublier mes adorables filles MARIA, ROUMAÏSSA, SERINE et mon petit bébé MEHDI adoré.

Les plus profonds remerciements sont destinés à ma très chère mère pour son soutien moral et à mes frères et sœurs de m'avoir aidé et encouragé sans oublier ma belle famille.

Je n'oublie pas que toutes la volonté et la force de mener à terme ce travail sont dues aux encouragements de mon défunt père et son rêve de me voir poursuivre mes études, que le destin à voulu qu'il ne soit pas parmi nous, que dieu le tout puissant lui accorde sa sainte miséricorde et l'accueillir dans son vaste paradis -in chaallah -

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Distribution géographique des clades de *Thaumetopoea pityocampa* /*Thaumetopoea wilkinsoni*

Figure 2 : Chronologie de développement de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa*

Figure 3 : Papillon mâle et femelle de *Thaumetopoea pityocampa*

Figure 4 : (a) Ponte de la processionnaire sur pin d'Alep (Reboisement de Moudjebara) ; (b) Ponte de la processionnaire du pin sur le cèdre de l'Atlas

Figure 5 : (a) Exemples de nids d'hiver sur le cèdre de l'Atlas ; (b) Début de construction du nid d'hiver sur pin d'Alep par les chenilles du troisième stade larvaire

Figure 6 : Procession de nymphose (Cédraie de Chélia)

Figure 7 : Lieu d'enfouissement des chenilles processionnaire du pin

Figure 8 : Disparités géographiques du cycle de la processionnaire du pin

Figure 9 : Evolution de la processionnaire du pin en France

Figure 10 : (a) Dégât de la processionnaire de pin sur cèdre de l'Atlas (Chréa) ; (b) Dégât des premiers stades de la processionnaire sur pin dans le reboisement de Moudjebara ; (c) Dégâts des premiers stades de la processionnaire du pin sur pin d'Alep

Figure 11 : Dermatite au niveau de la cheville

Figure 12 : Principaux auxiliaires de la chenille processionnaire du pin

Figure 13 : Cycles annuels des sept espèces d'oiseaux prédateurs de la chenille processionnaire

Figure 14 : Localisation des stations prospectées

Figure 15 : Vue de la Cédraie de Chréa

Figure 16 : Vue de la Pinède de Blida

Figure 17 : Forêt de Si Moussa (Cherchell)

Figure 18 : Forêt naturelle de Senalba Chergui

Figure 19 : Reboisement de Moudjebara

Figure 20 : Parc National d'El Kala

Figure 21 : La forêt de Sétif

Figure 22 : La forêt de Batna

Figure 23 : Cédraie naturelle de Chélia

Figure 24 : Forêt de pin d'Alep à Tlemcen

Figure 25 : Cédraie de Theniet El-Had

Figure 26 : Reboisement de pin d'Alep à EL-Bayadh

Figure 27 : Variation des moyennes des températures mensuelles (2003/2012) dans les sites prospectés

Figure 28 : Variation des moyennes des précipitations mensuelles (2003/2012) dans les sites prospectés

Figure 29 : Diagramme ombrothermique de Gaussen des sites prospectés (2003/2012)

Figure 30 : Climagramme d'Emberger des sites prospectés (2003/2012)

Figure 31 : *Baryscapus servadeii* (Domenichini)

Figure 32 : *Ooencyrtus pityocampa* (Mercet)

Figure 33 : *Trichogramma embryophagum*

Figure 34 : *Anastatus bifasciatus* (Fonscolombe)

Figure 35 : Comparaison des longueurs moyennes des pontes dans les cédraies

Figure 36 : Comparaison des longueurs moyennes des pontes dans les pinèdes

Figure 37 : Comparaison des effectifs moyens des œufs dans les cédraies

Figure 38 : Comparaison des effectifs moyens des œufs dans les pinèdes

Figure 39 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Batna

Figure 40 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Blida

Figure 41 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Cherchell

Figure 42 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Chréa

Figure 43 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt d'El Bayedh

Figure 44 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt d'El Kala

Figure 45 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Sétif

Figure 46 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Theniat El Had

Figure 47 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Tlemcen

Figure 48 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de

Moudjebara

Figure 49 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Senalba

Figure 50 : Pourcentages des catégories d'œufs de *T. pityocampa* dans les 12 sites prospectés

Figure 51 : Taux de parasitisme des quatre espèces oophages

Figure 52 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Batna

Figure 53 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Blida

Figure 54 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Cherchell

Figure 55 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Chréa

Figure 56 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Chélia

Figure 57 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Theniat El Had

Figure 58 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* El Kala

Figure 59 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* Moudjebara

Figure 60 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* Senalba

Figure 61 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* El Bayadh

Figure 62 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Sétif

Figure 63 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii* à Tlemcen

Figure 64 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Batna)

Figure 65 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Blida)

Figure 66 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Cherchall)

Figure 67 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (El Kala)

Figure 68 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Chréa)

Figure 69 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Chélia)

Figure 70 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Thniat El Had)

Figure 71 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (El Bayadh)

Figure 72 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Sétif)

Figure 73 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Moudjbara)

Figure 74 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Senalba)

Figure 75 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampa* (Tlemcen)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les différentes phases d'un cycle de gradation de *Thaumetopoea pityocampa*

Tableau 2 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin

Tableau 3 : Caractéristiques des sites prospectés

Tableau 4 : Analyse descriptive des longueurs des pontes de la processionnaire du pin

Tableau 5 : Anova des longueurs des pontes

Tableau 6 : Tests des étendues multiples pour les longueurs par station

Tableau 7 : Matrice de signification pour les longueurs de pontes

Tableau 8 : Analyse fréquentiel des longueurs

Tableau 9 : (suite) Analyse fréquentiel des longueurs

Tableau 10 : Analyse descriptive des effectifs des œufs

Tableau 11 : Anova de l'effectif des œufs par pontes

Tableau 12 : Test des étendues multiples pour l'effectif des œufs par ponte par station

Tableau 13 : Matrice de signification pour l'effectif des pontes

Tableau 14 : Analyse fréquentielle des effectifs des œufs

Tableau 15 : Analyse descriptive des catégories des œufs

Tableau 16 : ANOVA pour les œufs éclos par station

Tableau 17 : Tests des étendues multiples pour les œufs éclos par station

Tableau 18 : ANOVA pour les œufs non éclos par station

Tableau 19 : Tests des étendues multiples pour les œufs non éclos par station.

Tableau 20 : ANOVA pour les œufs parasités

Tableau 21 : Tests des étendues multiples pour les parasitoïdes

Tableau 22 : Les espèces oophages de la processionnaire du pin et leur importance

Tableau 23 : Taux de mortalité enregistrée pour l'espèce *Baryscapus servadeii*

Tableau 24 : Taux de mortalité enregistrée pour l'espèce *Ooecyrtus pityocampae*

Tableau 25 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Batna

Tableau 26 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Blida

Tableau 27 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Cherchell

Tableau 28 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Chélia

Tableau 29 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Chréa

Tableau 30 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Theniat El Had

Tableau 31 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées El Kala

Tableau 32 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Moudjebara

Tableau 33 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Sétif

Tableau 34 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Senalba

Tableau 35 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées El Bayadh

Tableau 36 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées Tlemcen

Tableau 37 : Les dates de calages pour *Baryscapus servadeii*

Tableau 38 : Les dates de calages pour *Ooecyrtus pityocampa*

S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
PREMIER CHAPITRE	4
LA PROCESSIONNAIRE DU PIN, <i>THAUMETOPOEA PITYOCAMPA</i>	4
1. Position systématique et répartition.....	4
2. Comportement biologique.....	5
2.1. La phase aérienne.....	6
2.1.1. Les émergences.....	6
2.1.2. La ponte.....	7
2.1.3. Développement larvaire.....	8
2.1.4. Phase ambulatoire.....	8
2.1.5. Propriétés urticantes.....	8
2.1.6. Structure du nid d'hiver.....	8
2.1.7. Les processions et leur évolution.....	9
2.2. Phase souterraine.....	10
2.2.1. La nymphose.....	10
2.2.2. La diapause.....	10
3. Plantes hôtes.....	10
4. Impact des facteurs écologiques.....	11
4.1. Ensoleillement et photopériode.....	11
4.2. Température.....	11
5. Altitude et latitude.....	12
6. Biogéographie.....	12
7. Répartition géographique et extension.....	13
8. Impact environnemental, économique, et sanitaire.....	15
9. Prédateurs et parasites de la chenille processionnaire.....	17
DEUXIEME CHAPITRE	20
MATERIELS ET METHODES	20

1. Présentation des sites d'études.....	20
1.1. Données sur les massifs forestiers de la région centre prospectées.....	23
1.1.1. Parc National de Chréa.....	23
1.1.2. La forêt de Bouarfa (Blida).....	24
1.1.3. La forêt de Cherchell.....	24
1.1.4. Le massif forestier prospecté à Djelfa.....	25
1.1.4.1. Forêt naturelle de Senalba Chergui.....	25
1.1.4.2. Le reboisement de Moudjebara.....	26
1.2. Données sur les forêts prospectées à l'Est.....	27
1.2.1. Parc National d'El Kala.....	27
1.2.2. La forêt de Sétif.....	27
1.2.3. La forêt de Batna.....	28
1.2.3.1. La cédraie de Chélia.....	29
1.3. Données sur les régions de l'Ouest prospectées.....	29
1.3.1. Parc National de Tlemcen.....	29
1.3.2. Parc National de Theniet El Had.....	30
1.3.3. Le reboisement d'El Bayadh.....	31
2. Caractéristiques climatiques des zones d'études.....	32
2.1. La température.....	33
2.2. Les précipitations.....	34
2.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	39
2.4. Climagramme d'Emberger.....	42
3. Méthodologie adoptées.....	45
3.1. Récolte et préparation des pontes.....	45
3.2. Mensuration des pontes.....	45
3.3. Dénombrement des catégories des œufs.....	45
3.4. Examen du matériel biologique.....	45

3.5. Test de longévité des parasitoïdes actifs.....	46
4. Méthodes d'analyses statistiques.....	46
4.1. Analyse descriptive.....	46
4.2. Distribution de fréquence.....	46
4.3. ANOVA.....	46
4.4. Analyses croisées.....	47
TROISIEME CHAPITRE.....	48
RESULTATS.....	48
1. Diversité des parasitoïdes répertories.....	48
1.1. <i>Baryscapus servadeii</i>	48
1.2. <i>Ooencyrtus pityocampae</i>	49
1.3. <i>Trichogramma embryophagum</i>	50
1.4. <i>Anastatus bifasciatus</i>	51
2. Biométrie et analyse du matériel biologique.....	52
2.1. Analyse des longueurs des pontes.....	52
2.1.1. Comparaison planifiée pour les longueurs de pontes.....	55
2.1.2. Analyse fréquentielle des longueurs des pontes.....	57
2.2. Analyse des effectifs des pontes.....	61
2.2.1. Comparaison planifiée des effectifs des pontes.....	64
2.2.2. Analyse fréquentielle des effectifs des œufs dénombrés.....	66
3. Relation entre les longueurs des pontes et le nombre des œufs.....	70
3.1. Analyse des catégories d'œufs.....	80
3.2. Analyse des œufs éclos.....	81
3.3. Analyse des œufs non éclos.....	82
3.4. Analyse des œufs parasités.....	84
4. Impact des parasitoïdes de la processionnaire du pin.....	85
5. Longévité des parasitoïdes.....	88
5.1. <i>Baryscapus servadeii</i>	88

5.2. <i>Ooencyrtus pityocampae</i>	89
6. Analyse des émergences des espèces oophages.....	89
6.1. Fréquence de présence des parasitoïdes.....	89
6.1.1. Cas de la pinède de Batna.....	90
6.1.2. Cas de la pinède de Blida.....	90
6.1.3. Cas de la pinède de Cherchell.....	91
6.1.4. Cas de la cédraie de Chélia.....	91
6.1.5. Cas de la cédraie de Chréa.....	92
6.1.6. Cas de la cédraie de Theniat El Had.....	93
6.1.7. Cas de la pinède de d'El Kala.....	94
6.1.8. Cas du reboisement de Moudjebara.....	94
6.1.9. Cas de la pinède de Sétif.....	95
6.1.10. Cas de la forêt naturelle de Senalba.....	95
6.1.11. Cas du reboisement d'El Bayadh.....	96
6.1.12. Cas de la pinède de Tlemcen.....	96
7. Chronologie des émergences des espèces actives selon les régions.....	97
7.1. Emergence de <i>Baryscapus servadeii</i>	97
7.1.1. Cas de la pinède de Batna.....	97
7.1.2. Cas de la pinède de Blida.....	97
7.1.3. Cas de la pinède de Cherchell.....	98
7.1.4. Cas de de la cédraie de Chréa.....	99
7.1.5. Cas de la cédraie de Chelia.....	99
7.1.6. Cas de la cédraie de Theniet El-had.....	100
7.1.7. Cas de la pinède d'El Kala.....	101
7.1.8. Cas du reboisement de Moudjebara.....	101
7.1.9. Cas de la forêt naturelle de Senalba.....	102
7.1.10. Cas du reboisement d'El Bayedh.....	103

7.1.11. Cas de la pinède de Sétif.....	103
7.1.12. Cas de la pinède de Tlemcen.....	104
7.2. Emergence de <i>Ooencyrtus pityocampae</i>	105
7.2.1. Cas de la pinède de Batna.....	105
7.2.2. Cas de la pinède de Blida.....	105
7.2.3. Cas de la pinède de Cherchell.....	106
7.2.4. Cas de la pinède d'El Kala.....	107
7.2.5. Cas de la cédraie de Chréa.....	107
7.2.6. Cas de la cédraie de Chélia.....	108
7.2.7. Cas de la cédraie de Theniet El-Had.....	109
7.2.8. Cas du reboisement d'El Bayedh.....	109
7.2.9. Cas de la pinède de Sétif.....	110
7.2.10. Cas du reboisement de Moudjebara.....	111
7.2.11. Cas de la forêt naturelle de Senalba.....	111
7.2.12. Cas de la pinède de Tlemcen.....	112
7.3. Chronologie des dates de calage en relation avec les effectifs émergés.....	113
QUATRIEME CHAPITRE.....	115
DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS.....	115
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	122

Introduction

L'écosystème forestier est une richesse naturelle, un milieu vivant, sa constitution et sa répartition géographique jouent un rôle très déterminant dans la protection de la nature contre les phénomènes d'érosion et de la désertification surtout dans les zones semi-arides.

En Algérie les massifs forestiers couvrent environ 4 millions d'ha, soit moins de 2% de la superficie du pays et de l'ordre de 8% pour le Nord du pays. En réalité, La vraie forêt ne représente cependant que 1,3 millions d'ha, le reste étant constitué de maquis et de garrigues. Le déficit forestier est évalué aujourd'hui à environ 3,8 millions d'ha. L'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas à compenser les pertes dues principalement aux facteurs de dégradations anthropiques, aux incendies, au surpâturage et à l'exploitation de la forêt (DGF., 2004).

En milieux forestiers, les insectes sont très sensibles aux variations des conditions environnementales qui influencent leur distribution, plusieurs espèces partagent l'espace et le temps dans les peuplements forestiers et leur dispersion dépend essentiellement des variations et du changement climatique

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, est le principal insecte défoliateur des pins et du cèdre dans le pourtour méditerranéen (Robinet et al. 2011). Son aire de répartition est en synchronisation avec l'évolution du climat (Rousselet, 2011). Par leur voracité alimentaire des aiguilles les chenilles entraînent une défoliation de l'arbre souvent totale, entraînant un affaiblissement conséquent des peuplements permettant ainsi l'installation à d'autres ravageurs secondaires, particulièrement des xylophages.

Son développement larvaire hivernal la rend particulièrement sensible et dépendante aux températures durant cette période de l'année. Par ailleurs, cet insecte est bien connu pour la capacité des larves à libérer des poils urticants responsables de démangeaisons et de réactions allergiques chez l'homme et les animaux, ce qui pose un sérieux problème de santé humaine majeur dans les sites infestés (Martin et al., 2007). Le cycle de développement de la processionnaire du pin est très variable selon le type de climat et l'altitude considérés. Il s'effectue en deux phases distinctes; une aérienne, qui caractérise les vols et le développement larvaire et la phase souterraine qui présente le développement nymphal (Huchon et Demolin, 1970).

L'importance économique des forêts, a justifié en 1969 la mise en place d'un programme biologique international organisé par l'O.I.L.B. et pris en charge par le groupe de travail « lutte intégrée en pinèdes méditerranéennes », sachant que cet insecte est considéré dans plusieurs pays comme le ravageur principal des pins.

En Algérie, les programmes des reboisements en monoculture, de l'espèce *Pinus halepensis*, ont entraîné une prolifération de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* mettant en péril les jeunes plantations en zones semi-arides. Ce défoliateur est devenu aujourd'hui un modèle biologique pour l'étude du changement climatique. Le dernier ouvrage édité par Roques *et al.* (2015) retrace toutes les étapes d'évolution de l'insecte dans son aire d'origine. Les auteurs précités notent l'extension et la répartition altitudinale de ce ravageur selon un plan stratégique en relation avec les conditions climatiques. De même ils considèrent que cet insecte est un modèle biologique par excellence à l'étude des changements climatiques

Avec les conditions écologiques actuelles, les infestations de ce défoliateur prennent une dimension plus large enregistrée dans son aire de répartition et accentuée par la régression de ses ennemis naturels (Battisti *et al.*, 2005 et Kimoto *et al.*, 2006). Cet insecte engendre périodiquement des pertes considérables sur l'ensemble des forêts algériennes (Zamoum *et al.*, 2005). Dans ce contexte plusieurs travaux ont fait l'objet de recherches de plusieurs à l'échelle méditerranéenne sur la biologie et l'écologie de ce ravageur, Demolin, (1969), Huchon *et al.* (1970), Thomas *et al.*, (2007), Morel (2008), Dulaurant (2010) et Sebti (2011).

Parmi les nombreux antagonistes de la processionnaire du pin, les parasitoïdes embryonnaires sont les principaux régulateurs des populations de *Thaumetopoea pityocampa*. Les parasitoïdes qui partagent les œufs de la processionnaire du pin sont essentiellement des Hyménoptères appartenant aux chalcidiens.

Dans le cadre de la protection des forêts, diverses méthodes sont conduites, particulièrement la lutte chimique (Leblond, 2009) qui reste toujours discutable malgré son efficacité (Pimentel, 2004) et la lutte microbiologique, à base de *Bacillus thuriangiensis*, qui reçoit actuellement un rejet de la part du public. La pratique de l'utilisation des parasitoïdes embryonnaires s'avère d'un grand intérêt comme alternative de lutte en zones sub-humide et semi-aride.

Parmi les écophases de la processionnaire du pin, les données sur les pontes restent le facteur déterminant de l'état de l'infestation et de l'évolution de la gradation au cours du

temps, c'est ce qui nous a incités dans le choix du sujet. L'investigation conduite sur divers sites forestiers de pin et de cèdre s'articule essentiellement sur quatre volets. Le premier porte sur une synthèse de données sur l'insecte hôte, *Thaumetopoea pityocampa*. Le second est consacré à une présentation des sites d'étude et des méthodes adoptées. Les résultats feront l'objet du troisième volet et le dernier volet traite les interprétations et les conclusions avec des perspectives qui seront exposées et discutées.

PREMIER CHAPITRE

LA PROCESSIONNAIRE DU PIN, *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA*

1. Position systématique et répartition

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, a été décrite par Denis et Schiffermüller en 1775. Cet insecte fait partie de l'ordre des Lépidoptères et appartient à la famille des Notodontidae et la sous famille des Thaumetopoeinae.

En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*camp* = chenille, *pityo*= pin) et *Thaumetopoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto*= vénérer, *poea*= herbe). La sous famille comprend un seul genre *Thaumetopoea*, représenté par 12 espèces de processionnaires répartie dans la région biogéographique paléarctique, et une dans la région afrotropicale (Agenjo 1941 ; Kiriakoff 1970 ; Schintlmeeister 2013).

Les principales espèces de chenilles processionnaires sont :

- *T. processionnea*, la processionnaire du chêne qui se localise en Europe et au Moyen Orient, sauf à l'extrême nord ;
- *T. pityocampa*, la processionnaire du pin, qui se localise en Europe, au Moyen Orient et en Afrique du Nord ;
- *T. wilkinsoni* au Moyen Orient, vit sur *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* et *Pinus canariensis* ;
- *T. pinivora* attaque *Pinus sylvestris* surtout dans le nord de l'Europe ;
- *T. bonjeani*, la processionnaire du cèdre, qui est endémique au Nord de l'Algérie et au Maroc.

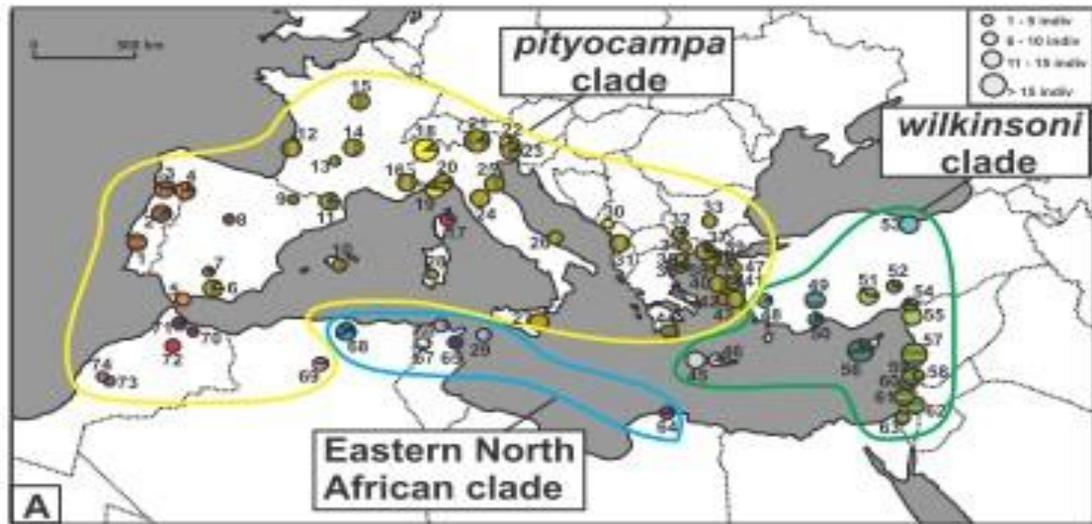
Les exigences de ces diverses espèces sont variables selon leur biotope. De récentes études ont été conduites afin de caractériser l'évolution phylogénétique des différentes espèces et leurs caractéristiques cladistiques (Zahiri *et al.* 2013).

Les études de la structure phylogéographique du complexe d'espèces du genre *Thaumetopoea* sur l'ensemble du pourtour méditerranéen pour caractériser le degré de divergence entre certaines espèces, à savoir *T.pityocampa* et *T. wilkinsoni* et préciser les aires de leur distribution, ainsi que les zones de contact potentielles, ont montré que les lignées maternelles sont fortement structurées dans l'espace (Kerdelhue *et al.*, 2009). Les auteurs précités ont mis en évidence trois clades majeurs fortement différenciés ont été déterminés sur l'ensemble de la Méditerranée, un clade présent en Europe (Est de la Grèce, la France, l'Italie et une partie des Balkans) et dans une partie du Maghreb (Maroc et sud de l'Algérie), ce qui pourrait correspondre à *T. pityocampa* ou clade *pityocampa*. Le second clade regroupe les populations de Chypre, Turquie, Liban, et pourrait correspondre à *T. wilkinsoni* ou clade *wilkinsoni*. Un troisième clade comprend les

individus d'une partie de l'Algérie, de Tunisie et de Libye, et ne correspond à aucune entité taxonomique connue c'est le clade ENA ou Eastern-North -Africa.

Ces résultats ont montré également une très forte structuration spatiale au sein de chacun des trois clades majeurs. Le clade *pityocampa* est ainsi formé de 5 sous-clades (Sud Maroc, Nord Maroc, Corse, Péninsule Ibérique, et reste de l'Europe), le clade *wilkinsoni* contient 4 sous-clades (Crête, Chypre, Est-Turquie et Ouest-Turquie) et le clade ENA en contient 3 (Algérie, Tunisie et Libye)

L'aire de répartition des clades de la processionnaire sont illustrés par la figure 1.



(Kerdelhué *et al*, 2009)

Figure 1 : Distribution géographique des clades de *Thaumetopoea pityocampa* /*Thaumetopoea wilkinsoni*

2. Comportement biologique

La processionnaire du pin est une espèce univoltine. Son cycle peut cependant s'étaler sur plusieurs années en fonction des conditions écologiques du milieu. La processionnaire du pin est extrêmement dépendante des conditions climatiques notamment la température et l'ensoleillement. De fortes variations sont notées dans son cycle selon la latitude et l'altitude des populations. Le cycle s'effectue en deux phases à deux strates différentes de l'écosystème : l'une aérienne (évolution larvaire en cinq stades), l'autre souterraine (prénymphose et nymphose) Martin et Bonnet (2007). Les différentes écophases de son évolution sont synthétisées et illustrées par la figure 2.



Martin et Bonnet (2007)

Figure 2 : Chronologie de développement de la processionnaire du pin
Thaumetopoea pityocampa

2.1. La phase aérienne

La durée de la phase aérienne varie de cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement des chenilles du dernier stade.

2.1.1. Les émergences

Les adultes de la processionnaire du pin émergent du sol au cours de la période estivale avec un maximum d'émergence noté vers la seconde décennie de juillet. Ils se libèrent de leur cocon grâce à des crêtes sclérifiées situées sur leur tête, qui leur permettent de découper l'enveloppe qui les entoure (Demolin, 1969). Les adultes ont une durée de vie limitée de 24 à 48 heures. A leur sortie les adultes sont actifs et peuvent parcourir plusieurs kilomètres. Malgré le dimorphisme sexuel prononcé, les deux sexes se ressemblent notamment par leurs ailes de couleur gris-blanchâtre. L'envergure des adultes est de 30 à 35 mm (Fig. 3). Les mâles ont tendance à sortir les premiers le soir au crépuscule et sont suivis peu de temps après par les femelles. Quelques heures après leur émergence l'activité et la fécondité des papillons débutent. (Guerrero *et al.*, 1981). Après accouplement le mâle meurt quelques heures plus tard et les femelles se dirigent au vol à la recherche de site de ponte en relation avec composés volatiles (Paiva *et al.*, 2011). La femelle effectue un choix sélectif à l'intérieur du peuplement, en comparant le diamètre et la structure des aiguilles ou des rameaux rencontrés. (Huchon et Demolin, 1970)



Photo : Chakali, 2014

Figure 3 : Papillon mâle et femelle de *Thaumetopoea pityocampa*

2.1.2. La ponte

Une fois le site de ponte sélectionné la femelle rassemble deux aiguilles à l'extrémité d'un rameau pour déposer ses œufs en forme d'un manchon de 4 à 6 centimètres. Au cours de sa ponte, la femelle recouvre ses œufs par des écailles protectrices de couleur beige-clair (Demolin, 1969). Les œufs pondus par femelle varient de 70 à 300 œufs par femelle et effectuent une embryogenèse de 30 à 45 jours (Demolin, 1969) (Fig. 4).



(a)



(b)

Photo : Chakali, 2014

Figure 4 : (a) Ponte de la processionnaire sur pin d'Alep (Reboisement de Moudjebara) ; (b) Ponte de la processionnaire du pin sur le cèdre de l'Atlas.

2.1.3. Développement larvaire

Au cours de son évolution la processionnaire s'effectue en cinq stades larvaires. A ce stade, deux périodes distinctes sont notées: la période ambulatoire allant de l'éclosion aux premiers froids, et la période du « nid d'hiver » durant laquelle les chenilles restent à un emplacement jusqu'au dernier stade et le départ en procession de nymphose à la recherche d'un site favorable à leur enfouissement. La durée des stades larvaires est dépendante du climat. Plus l'hiver sera de longue durée, plus la vitesse d'évolution est diminuée principalement au quatrième stade. Dans les cas les plus favorables, l'évolution larvaire s'effectue de 4 à 5 mois au minimum. En haute altitude elle peut s'étendre entre 9 à 10 mois (Demolin, 1971).

2.1.4. Phase ambulatoire

Dès l'éclosion, les chenilles d'une même colonie vivent en groupe. La colonie issue d'une même ponte change souvent d'emplacement, s'alimentant des aiguilles à proximité de leur biotope de rassemblement. Dès l'annonce des premiers froids de l'automne, la colonie recherche l'endroit le mieux situé sur les rameaux pour construire le nid d'hiver, véritable radiateur solaire lui permettant une évolution adéquate (Huchon et Demolin, 1970).

2.1.5. Propriétés urticantes

Au troisième stade, les chenilles développent sur la face dorsale de petites poches particulières ou « miroirs » renfermant des poils urticants. Au moindre danger, les « miroirs » sont ouverts et les poils de taille microscopique libérée assurent un barrage venimeux autour de la colonie pour leur protection. Transportés facilement par le plus faible courant d'air, ils envahissent toute la forêt lors des phases de gradation. Ils provoquent chez l'homme et les animaux de nombreux troubles histaminiques limités habituellement à des rougeurs et à des démangeaisons pénibles. L'action allergique des poils urticants peut se compliquer à la formation d'œdèmes doublés de troubles oculaires voire même d'accidents respiratoires et de vertiges (Huchon et Demolin, 1970).

2.1.6. Structure du nid d'hiver

Dès que les chenilles choisissent l'emplacement de la construction du nid, ce lieu reste l'endroit définitif à la colonie. Les chenilles quittent le nid durant la nuit, pour s'alimenter à partir des aiguilles de pins avoisinantes (Fig. 5).

Les conditions dans le nid permettent aux chenilles le passage au quatrième puis au cinquième stade larvaire (Huchon et Demolin, 1970).



(a)



(b)

Originale

Figure 5 : (a) Exemples de nids d’hiver sur le cèdre de l’Atlas ; (b) Début de construction du nid d’hiver sur pin d’Alep par les chenilles du troisième stade larvaire.

2.1.7. Les processions et leur évolution

De la fin janvier jusqu'au mois de juin, suivant les dates d'émergence des adultes et en fonction de la rigueur de l'hiver, que les chenilles parviennent à leur dernier stade. Elles quittent le nid pour se rendre en procession jusqu'au lieu d'enfouissement dans le sol (Fig. 6).

Si à la période des processions, le climat est particulièrement chaud, les chenilles pourront s'enterrer en bordure des clairières et même en sous-bois (Hochon et Demolin, 1970).



Originale

Figure 6 : Procession de nymphose (Cédraie de Chélia)

2.2. Phase souterraine

2.2.1. La nymphose

La nymphose s'effectue une quinzaine de jours après l'enfouissement des chenilles dans le sol (Fig. 7). La chrysalide sera complètement formée quelques jours plus tard et subit une diapause obligatoire.



Photo : Chakali, 2014

Figure 7 : Lieu d'enfouissement des chenilles processionnaire du pin

2.2.2. La diapause

La diapause c'est l'arrêt de développement caractérisé par une diminution notable du métabolisme, la durée de la diapause est variable; elle s'adapte à celle du développement larvaire, pour que le cycle s'achève sur l'année. En altitude, où les hivers sont particulièrement rigoureux, la durée d'évolution larvaire est plus longue, la diapause sera alors plus courte pour respecter le cycle annuel. A la fin de la période de diapause, il y a une reprise d'activité métabolique intense ou le futur adulte entame sa constitution. Un mois plus tard, il sera prêt à sortir de terre. (Huchon et Demolin, 1970).

3. Plantes hôtes

La chenille processionnaire du pin se nourrit des aiguilles de diverses espèces de pins et de cèdre. Martin (2005) classent Les plantes hôtes, selon les préférences comme suit:

- Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *Nigricans* Host)
- Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *laricio* Poiret)
- Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra* subsp. *Clusiana* Clem.)
- Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)
- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.)
- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)

- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti),
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Richard.)
- Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)
- Sapin (*Abies concolor* Lindl).

Demolin (1969 a), attribue que le choix est lié au critère relationnel de ponte de la femelle est le diamètre des aiguilles choisies. Au cours de l'émission des œufs, la femelle réalise la distinction entre les diverses espèces d'arbres. Le support recherché doit être rugueux afin de permettre une attache optimale des griffes de la femelle. Des études ont également montré que le choix de l'arbre hôte dépend de la présence de substances volatiles émanant des tissus des aiguilles, comme le limonène (Tiberi *et al.*, 1999). De plus, l'essence de l'arbre peut également influencer le développement et la survie des larves (taux de nitrogène par exemple) (Hodar *et al.*, 2002).

La survie des chenilles est supérieure sur le *Pinus sylvestris* et le *Pinus nigra* que sur le *Pinus pinaster* et *Pinus halepensis* (Montoya, 1984).

4. Impact des facteurs écologiques

4.1. Ensoleillement et photopériode

La chenille processionnaire du pin n'est présente que dans les régions où la durée moyenne d'insolation annuelle est supérieure à 1800 heures. C'est pourquoi elle est généralement absente au nord de la France et sur les versants nord des montagnes (Huchon et Demolin, 1970).

La photopériode joue également un rôle prépondérant dans le cycle de *Thaumetopoea pityocampa*, les chenilles processionnaires s'alimentent la nuit, lorsque les températures sont basses, et se regroupent dans la journée pour digérer (Demolin, 1969).

4.2. Température

Les chenilles processionnaires du pin sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques trop brutales avec la construction des nids d'hiver.

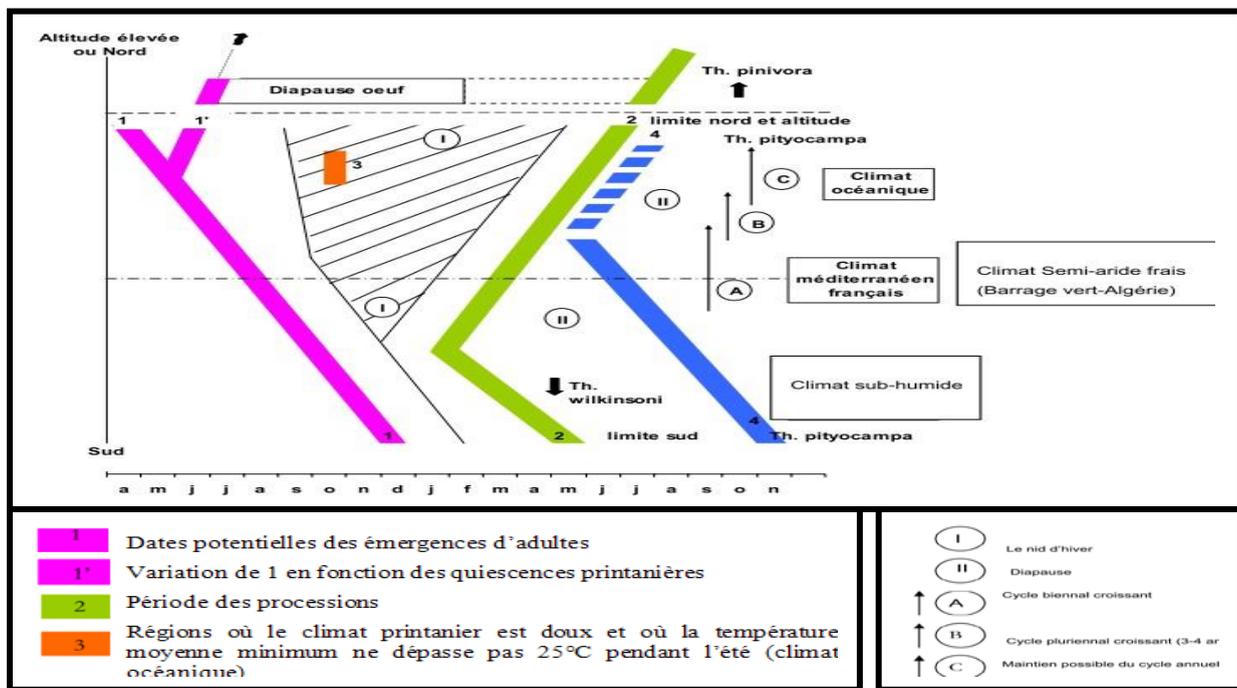
Une température excédant les 32°C peut provoquer la mortalité de nombreux individus d'une colonie. L'optimum de développement se situe entre 20 et 25°C. Lorsque la température moyenne mensuelle dépasse 25°C, les individus se regroupent en masse afin de ralentir la montée thermique de chaque individu : les adultes émergeront alors plus tardivement, pour assurer à leur descendance un optimum thermique vital. A l'inverse, plus l'été sera doux en altitude élevée ou latitude nordique par exemple et plus les adultes émergeront précocement.

La colonie, par « effet de masse », compense les variations climatiques trop brutales. Les individus constituant la colonie peuvent ainsi résister à des températures de -10°C et de -6°C pour les chenilles isolées (Demolin, 1969).

L'alimentation des chenilles dépend également de la température. Deux conditions sont en effet nécessaires : association d'une température supérieure à 9°C dans le nid durant le jour et d'une température de l'air supérieure à 0°C la nuit suivante (Battisti *et al*, 2005). Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, le taux de survie des chenilles diminue (Buffo *et al*, 2007).

5. Altitude et latitude

La durée du développement larvaire varie selon trois principaux facteurs : la température (et l'amplitude thermique), la radiation globale et la photopériode. A ce sujet, Démolin (1969) propose un abaque représentant la date de déclenchement et la durée des différentes phases du cycle en fonction de la latitude ou de l'altitude (Fig.8). Cet abaque montre ainsi que plus l'altitude augmente, ou plus la latitude est nordique, plus la température moyenne diminue. La durée du développement larvaire augmente alors, au détriment de la diapause nymphale.



Démolin (1969)

Figure 8 : Disparités géographiques du cycle de la processionnaire du pin

6. Biogéographie

Les facteurs écologiques des différents sites de la processionnaire expliquent que certaines aires géographiques sont plus favorables que d'autres à l'évolution des chenilles. Les facteurs climatiques, la présence d'auxiliaires, ainsi que la quantité et la qualité des ressources alimentaires, participent à la structure niveaux des populations. Le tableau 1 résume les phases des infestations au cours du temps,

Tableau 1 : Les différentes phases d'un cycle de gradation de *Thaumetopoea pityocampa*

Phase de « progradation »	Augmentation des niveaux de populations de chenilles Processionnaires	Période de 1 à 3 ans au cours de laquelle les dégâts occasionnés par les chenilles sont importants et étendus géographiquement
Phase de « culmination »	Pullulation des chenilles à un niveau élevé	
Phase de « rétrogradation »	Diminution des niveaux de populations de chenilles processionnaires	Période de 5 à 8 ans au cours de laquelle les dégâts sont relativement limités
Phase de « latence »	Absence de chenilles ou limitée présence à un faible niveau	

Bouhot-Delduc (2005a); Khairallah (2010), in Rivière (2011)

7. Répartition géographique et extension

L'aire de répartition de la chenille processionnaire du pin s'étend de l'Europe centrale et méridionale jusqu'en Afrique du nord et au proche-orient. Elle est présente dans l'ensemble des forêts de pin et de cèdre du bassin méditerranéen. En France, elle a atteint la limite nord de son aire d'extension et en Algérie, le barrage vert est sa limite sud. L'évolution réelle de l'aire de répartition entre 1969 et 1996 a été étudiée par Demolin *et al.* (1996), qui montrent une progression de l'insecte vers le nord de la France. Cette progression est due au réchauffement climatique global observé depuis le début des années 70 en Europe du Nord. Cette hypothèse est confirmée par Goussard *et al.* (1999), et Hodar *et al.* (2003).

En France, la chenille processionnaire du pin est présente sur une grande partie du territoire, principalement dans les zones sous influences océanique et méditerranéenne : le long de la côte méditerranéenne, en Corse et sur la côte atlantique (de la Bretagne au Pays basque). Au cours des dernières décennies, la processionnaire du pin progresse vers le Nord et en altitude dans les Alpes, le Jura, les Pyrénées et le Massif Central, corrélativement au réchauffement climatique noté (Rousselet, 2008).

L'exemple de l'évolution de l'aire de répartition de la chenille processionnaire en France depuis le début des années 1990 est illustré par la figure 9.

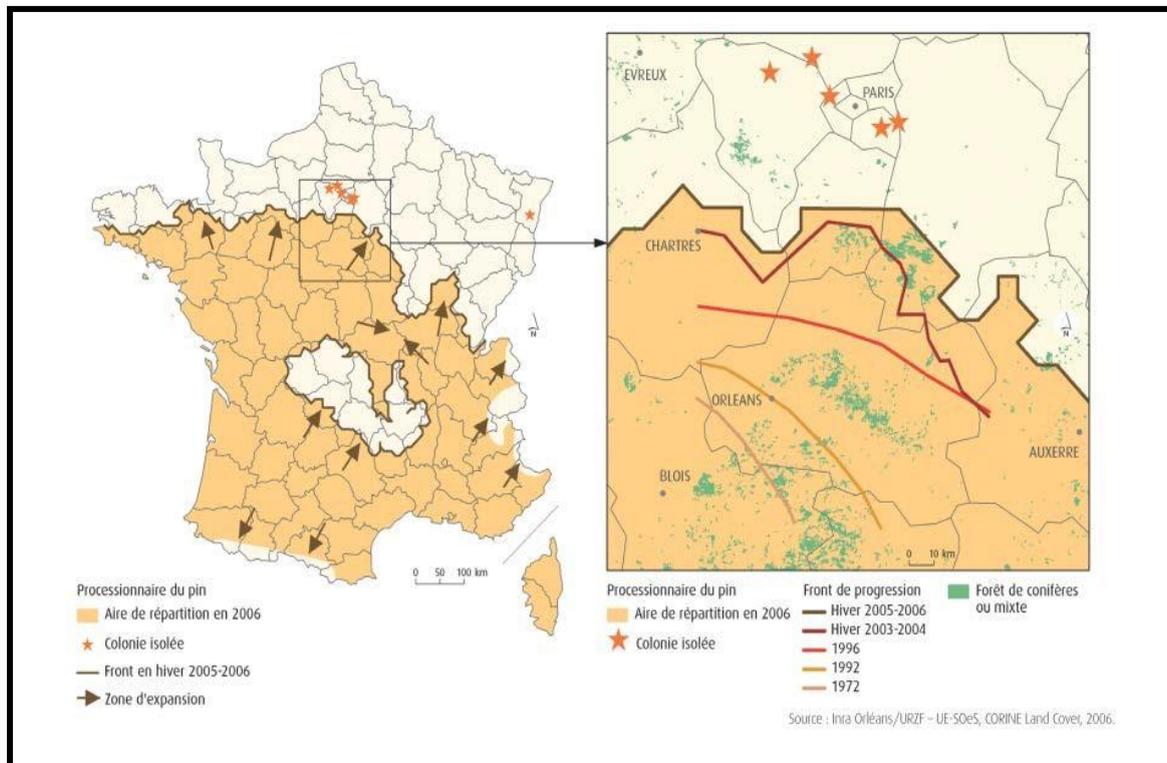


Figure 9 : Evolution de la processionnaire du pin en France (Service de l'Observation et des Statistiques, 2010) in Rivière (2011)

Sur la base des données recueillies, la chenille processionnaire progresse depuis l'année 1992 vers le nord. Cette expansion touche la Sologne, l'Orléanais, le Gâtinais et la Beauce. Depuis les années 2000, elle est également présente en région de l'Ile de France. La forêt de Fontainebleau a été concernée au cours de l'hiver 2005-2006 et celle de Rambouillet en 2009. Aussi, des foyers isolés ont été décelé en région parisienne en 2003, 2007 et 2008, ainsi qu'en Alsace en 2008. Au début 2011 un nouveau foyer a été découvert, à Bagneux, à proximité de la région parisienne. La chenille processionnaire du pin a progressée de 87 Kms au cours de la période allant de 1972 à 2004, la vers le Nord dans le sud du Bassin parisien, en parallèle à une augmentation moyenne de la température hivernale de 1,1°C dans cette zone. L'expansion de la processionnaire s'est accélérée, avec un déplacement moyen de 5,5 kms/an ces dernières années. La processionnaire a également progressé en altitude de 110 à 230 mètres dans les Alpes entre 1975 et 2004 (Battisti *et al.*2005).

8. Impact environnemental, économique, et sanitaire

La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* cause plusieurs problèmes sylvicoles et sanitaires. Les jeunes plantations de pin et de cèdre sont les plus recherchées par ce ravageur qui en phase de culmination provoque une défoliation d'envergure qui se répercute par une perte en croissance des arbres.

En Algérie, les défoliations de la processionnaire du pin concernent toutes les pinèdes et les cédraies, il se trouve que cet insecte provoque des dégâts souvent significatifs dans les forêts naturelles et très conséquents dans les plantations reboisées en zones semi-arides (Zamoum, 1998) (Fig. 10).

Au niveau économique, les répercussions de la processionnaire du pin sont de deux ordres. Dans un premier volet la défoliation d'un pin par la processionnaire du pin provoque une perte de croissance, tant en circonférence qu'en hauteur. Chez le pin maritime (*Pinus pinaster* Aiton), un déficit de biomasse de près de 50% chez des arbres modérément défoliés et de plus de 70% chez des arbres très défoliés (Arnaldo et al. 2010). Le second impact économique lié à la processionnaire du pin est le coût des traitements conduits presque chaque année qui est élevés.

Les chenilles processionnaires du pin ont un impact sanitaire, lié aux poils urticants qui surviennent lorsque ces poils commencent à apparaître, dès le troisième stade larvaire. Les poils urticants sont libérés dans l'air dès que la chenille est en danger. Les poils sont très présents dans les nids d'hiver, même après plusieurs années. (Battisti *et al.* 2011). De même que l'homme, les animaux domestiques peuvent avoir des allergies (démangeaisons, problèmes respiratoires, ophtalmologiques). Les chiens et les chevaux restent les animaux les plus exposés aux risques de la processionnaire du pin (Fig. 11).



(a)



(b)



(c)

Photo : Chakali, 2014

Figure 10 : (a) Dégât de la processionnaire de pin sur cèdre de l'Atlas (Chr ea) ; (b) D g t des premiers stades de la processionnaire sur pin dans le reboisement de Moudjebara ; (c) Dégâts des premiers stades de la processionnaire du pin sur pin d'Alep.



(Vega *et al.* 2011)

Figure 11 : Dermatite au niveau de la cheville

9. Prédateurs et parasites de la chenille processionnaire

Les ennemis naturels de *T.pityocampa* ont été décrits en premier par Biliotti (1958), plusieurs études ont été entreprises par la suite par plusieurs auteurs : Billiotti *et al.*, 1965; Cadahia *et al.* , 1967; Demolin et Delmas, 1967; Demolin, 1969; Du merle, 1969. Des informations supplémentaires sur leurs importances dans un pays méditerranéen où ils ont été largement étudiés par (Zamoum 1998).

Les ennemis naturels de la chenille processionnaire du pin sont nombreux et présents à tous les stades du cycle de développement : il peut s'agir de prédateurs, de parasites, ou encore de virus ou bactéries. La figure 12 présentes les principaux auxiliaires de la chenille processionnaire du pin.

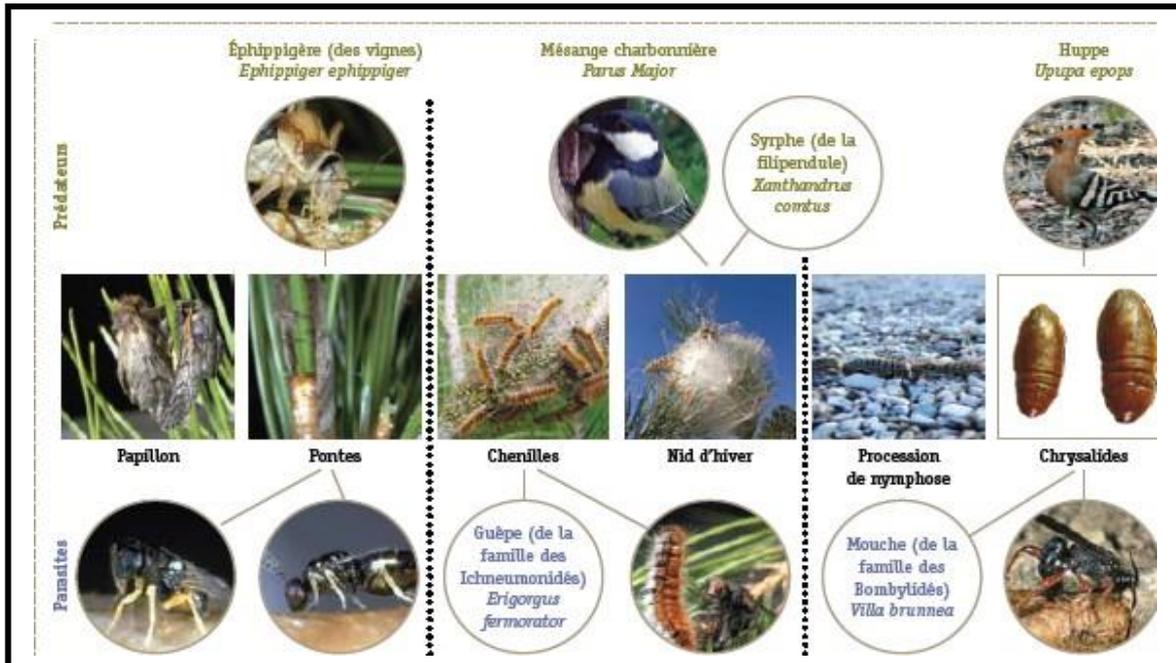
Tableau 2 présente la liste des complexes prédateurs-parasites de la chenille processionnaire du pin.

Les œufs sont principalement parasités par *Baryscapus servadeii* et *Ooencytus pityocampae*, *B. servadeii* est limité à l'espèce de *Thaumetopoea* sur laquelle il développe une génération par an, qui est bien synchronisé avec la disponibilité des œufs de l'hôte (Battisti 1989). *O.pityocampae* est polyphagus à plusieurs générations par an sur des hôtes divers. Le parasitisme global peut atteindre localement jusqu'à 45 % (Tsankov *et al.* 2006).

Le principal prédateur des chenilles est le grand calosome, un Coléoptère vivant ordinairement sur le sol. C'est la larve de calosome, qui en fait la plus grosse consommation. Elle monte parfois aux arbres pour attraper ses proies.

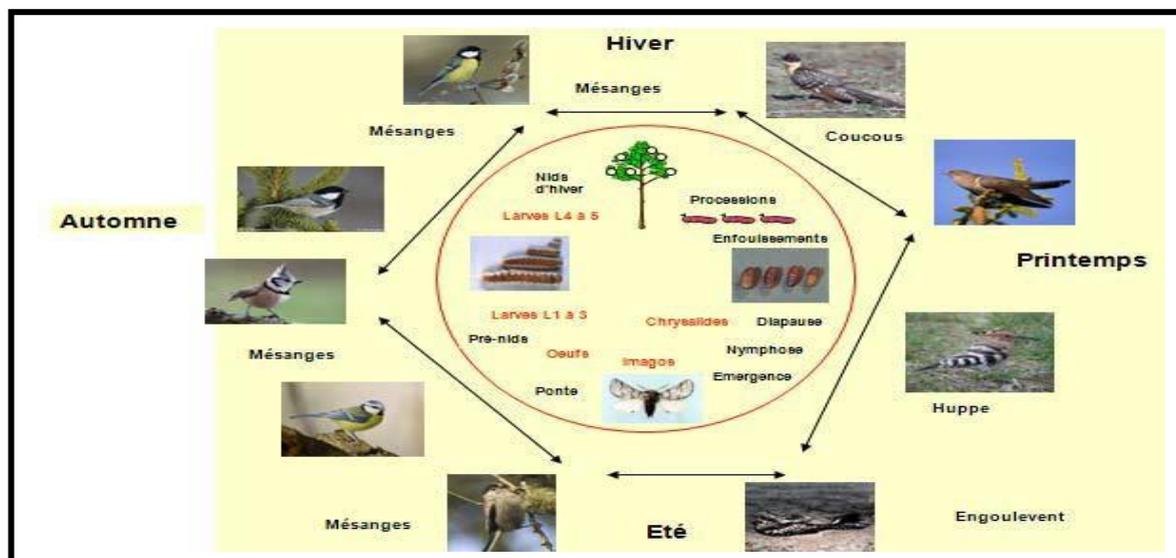
La Mésange bleue, (*Parus caeruleus*), est considérée aussi comme grande consommatrice de chenilles, n'étant pas sensible aux poils urticants, elle est un excellent prédateur des chenilles processionnaire. Le coucou s'attaque également aux chenilles jusqu'à dans leurs nids.

Parmi les méthodes citées ci-dessus, aucune d'entre elles ne permet d'éradiquer la processionnaire du pin, ni d'éviter totalement une nouvelle infestation puisque les chenilles peuvent rester à l'état de chrysalides dans le sol pendant cinq ans. La figure 13 illustre les principales espèces d'oiseaux prédateurs de la processionnaire du pin.



Bonnet *et al.*,(2008)

Figure 12 : Principaux auxiliaires de la chenille processionnaire du pin



Barbaro (2008)

Figure 13 : Cycles annuels des sept espèces d'oiseaux prédateurs de la chenille processionnaire

Tableau 2 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin

Stades	Œufs	Chenilles	Chrysalides	Papillons
Prédateurs	Ephippigère (des vignes) (<i>Ephippigerephippiger</i> Fi.(1))	-Syrphe (de la filipendule) (<i>Xanthandrus comtus</i> Harr. (2)) -Coucou geai (<i>Clamatorglandarius</i> L. (4)) -Mésange charbonnière (<i>Parus major</i> L. (4))	La Huppe (<i>Upupaepops</i> L. (4))	Chauves-souris insectivores (7)
Parasites	Guêpe (solitaire) de la famille des Encyrtidés (<i>Ooencyrtuspityocampae</i> Mer. (3)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Eulophidés (<i>Baryscapus servadei</i> Dom.(3)) -Trichogrammes : chalcidiens de la famille des Trichogrammatidés (<i>Trichogrammasp.</i> (3))	-Mouche des chenilles de la famille des Tachinidés (<i>Phryxecaudatata</i> Rond. (2)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (<i>Erigorgus femorator</i> Aub. (3)) - Mouches de la famille des Tachinidés (<i>Compsilura concinnata</i> Meig. (2) et <i>Ctenophorocera pavidata</i> Meig. (2)) -Mouche de la famille des Exoritinés (<i>Exoristasegregata</i> Rond. (2)) -Guêpes (solitaire) de la famille des Braconides (<i>Apanteles vestalis</i> Hal. (3) et <i>Meteorus versicolor</i> Wsi. (3)) -Champignon entomopathogène (<i>Beauveria bassiana</i> Bals. (5)) -Bactérie entomotoxique (<i>Bacillus thuringiensis</i> (6))	-Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (<i>Coelichneumon rudis</i> Fonsc. (3)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Ptéromalidés (<i>Conomorium erimita</i> (3)) -Mouche de la famille des Bombylidés (<i>Villa brunnea</i> Beck. (2)) -Champignon entomopathogène (<i>Cordiceps militaris</i> L. (5)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (<i>Coelichneumon rudis</i> Fonsc. (3)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Ptéromalidés (<i>Conomorium erimita</i> (3)) -Mouche de la famille des Bombylidés (<i>Villa brunnea</i> Beck. (2)) -Champignon entomopathogène (<i>Cordiceps militaris</i> L. (5))	
Virus		Virus entomopathogène (<i>Smithiavirus pityocampae</i>)		

(1) orthoptère ; (2) diptère ; (3) hyménoptère ; (4) oiseau ; (5) champignon ; (6) bactérie ; (7) mammifère

(Bonnet *et al.* 2008)

DEUXIEME CHAPITRE

MATERIELS ET METHODES

1. Présentation des sites d'études

Un nombre de neuf sites de pin d'Alep dans les diverses zones bioclimatiques, de l'humide comme la zone d'El Kala au semi-aride de la région de Djelfa. Les défoliations répétées et la fréquence des périodes de culmination des populations de ce défoliateur sont les principaux critères du choix des sites prospectés. Parallèlement trois sites ont été retenus dans les cédraies du Parc National de Chréa, du Parc National de Theniat El Had et de la cédraie de Chélia, la localisation géographique des sites retenus se résume comme suit :

- Les sites situés au Centre du pays - du nord jusqu'au sud- sont :
 - Deux sites dans la wilaya de Blida ; le Parc National de Chréa et la pinède de Bouarfa,
 - Un site dans la wilaya de Tipaza, la forêt de Si Moussa (Cherchell)
 - Deux sites au sud dans la wilaya de Djelfa ; la forêt naturelle de Senalba et le reboisement de Moudjebara.
- Les sites situés à l'Est du pays :
 - Un site dans la wilaya d'El Kala
 - Un site dans la wilaya de Sétif
 - Un site dans la wilaya de Batna ; pinède à proximité de la ville de Batna
 - Un site localisé entre les wilayas de Khenchla et Batna ; la céderaie de Chélia
- Les sites situés à l'Ouest du pays :
 - Un site dans la wilaya de Tlemcen
 - Un site dans la wilaya de Tissemsilt ; la cédraie de Theniat El Had
 - Un site situé dans le reboisement d'El Bayadh ;

Les caractéristiques relatives aux douze stations sont regroupées dans le tableau 3 et illustrées par la figure 14.

Tableau 3 : Caractéristiques des sites prospectés

Localités	Codes	Latitudes	Longitudes	Altitudes (m)
Batna	BT	35°34'02.48"N	6°12'35.73"E	1203
Bouarfa (Blida)	Bf	36°27'04.42"N	2°49'30.43"E	605
Chrèa	CR	36° 19'/36° 30' N	2° 38'/3° 02' E	1400
Cherchell	COB	36°36'56.82"N	2°14'24.72"E	200
Chélia (Batna)	CL	35°18'8.48"N	6°37'4.17"E	1933
El bayadh	EB	33°43'40.86"N	1°09'53.93"E	1200
El Kala	KA	36°52'29.23"N	8°10'52.62"E	200
Moudjbara	MO	34°30'38.07"N	3°28'53.41"E	1055
Sétif	SF	36°21'56.13"N	5°29'37.07"E	804
Senalba	SE	34°38'16.72"N	3°08'03.67"E	1306
Theniet El Had	TE	35°51'19.64"N	2°0'7.33"E	1465
Tlemcen	TL	34°36'48.96"N	1°1'50.56"W	1141



Figure 14 : Localisation des stations prospectées

1.1. Données sur les massif forestiers de la région centre prospectées

1.1.1. Parc National de Chréa

Le parc de Chréa est créé le 23 juillet 1983, Il couvre une superficie de 26587 hectares et s'étire sur une longueur de 40 Km et une largeur variable de 7 à 14 kilomètres. Parc National de Chréa s'étend sur les flancs Nord et Sud de l'Atlas Blideen d'orientation Sud-ouest et Nord -Est. Sa ligne de crête principale oscille entre 1400 et 1600 mètres d'altitude dont le point le plus élevé culmine à 1629 m (Halimi ,1980). Le relief est très accidenté et la déclivité dépasse très souvent les 20% (Fig. 15).

L'auteur précité note trois types bioclimatiques dans la région de l'Atlas Blideen. Ces types se succèdent dans le sens vertical et déterminent un étagement typique de la végétation :

a/ L'étage supra-méditerranéen : Correspond à l'étage bioclimatique des hautes montagnes et occupe les altitudes allant de 1300 à 1600 m. Dans cette tranche, le Cèdre se trouve dans son optimum et forme une futaie équienne.

b/ L'étage méso-méditerranéen : correspond à l'étage bioclimatique sub-humide et humide, localisé entre les altitudes allant de 800 à 1400m. Dans cet étage se trouve la chênaie sous forme d'un taillis de 6 à 8 mètres et donne un maquis très dense.

c/ L'étage thermo-méditerranéen: Il s'étend en bioclimat sub-humide chaud, entre 200 et 700m et se caractérise par la présence de peuplements purs de pin d'Alep sur le versant méridional, et le thuya sous forme de maquis très denses. La strate arbustive est dominée par l'oléolentisque.



Photo Chakali, 2014

Figure 15 : Vue de la Cédraie de Chréa

1.1.2. La forêt de Bouarfa (Blida)

La pinède de Bouarfa fait partie du massif forestier de Blida qui s'étend tout le long d'une ligne de crête NW-EW dont le point le plus élevé culmine à 600 m d'altitude, la pinède est localisée entre altitude 36°27'04.42"N et longitude 2°49'30.43"E et fait partie de l'étage bioclimatique sub-humide à hiver tempéré caractérisé par des quantités pluviométrique variant de 600 et 900 mm par an, et se caractérise par la présence de peuplements de pin d'Alep sur le versant méridional, et le thuya sous forme de maquis très denses. La strate arbustive est dominée par l'oléolentisque. (Fig. 16).



Photo Chakali, 2014

Figure 16: Vue de la Pinède de Bouarfa (Blida)

1.1.3. La forêt de Cherchell

La pinède prospectée de Si Moussa se localise au nord-est de la commune de Cherchell et au nord-ouest du mont Chenoua. Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par Oued el hachem, au sud par la route Nationale N°11. La superficie totale est de 235 ha, elle présente un sol calcaire. L'essence principale est le pin d'Alep avec un cortège floristique très diversifié avec du Myrte, du Lentisque, de l'Arboursier et du Thuya.

La composition floristique du peuplement forestier en essences fortement combustibles (pin d'Alep avec un sous-bois très dense) (Fig. 17).



Photo. Conservation des forêts de Cherchell, 2012

Figure 17 : Forêt de Si Moussa (Cherchell)

1.1.4. Le massif forestier prospecté à Djelfa

La région de Djelfa se localise dans une zone à caractéristiques géographiques et climatiques favorables pour le développement de forêts naturelles de pin d'Alep. Deux stations ont été retenues, une forêt naturelle et un reboisement.

1.1.4.1. Forêt naturelle de Senalba Chergui

Parmi les massifs forestiers naturels des monts des Ouled Nail de l'Atlas Saharien, la forêt de Senalba chergui, site retenu est situé dans la zone semi-aride, représente les derniers massifs arborescents situés à la limite du Sahara qui jouent un rôle important dans la progression du désert vers le nord.

Les peuplements forestiers de Senalba chergui sont composés du pin d'Alep *Pinus halepensis* comme espèce principale et qui est un arbre résineux de seconde grandeur dépassent rarement vingt mètres (Boudy 1952).

Ces pinèdes sont souvent en association avec le chêne vert, *Quercus ilex*, le genévrier de phoeniciae, *Juniperus phoenicia*, le genévrier oxycèdre, *Juniperus oxycedrus*, le romarin, *Romarinus tournefortii*, l'alfa, *Stipa tenacissima*. Le groupement de pin d'Alep à chêne vert est le plus représenté (Kadik, 1983). La figure 18 représente une vue de la forêt naturelle de Senalba Chergui.



Photo Chakali, 2014

Figure 18 : Forêt naturelle de Senalba Chergui

1.1.4.2. Le reboisement de Moudjebara

Le reboisement situé dans la commune Moudjbara est réalisé dans le cadre d'un programme de reboisements de protection contre la désertification. Il se caractérise par un relief plat légèrement vallonnée et situé dans une enclave à relief relativement homogène avec un taux de recouvrement compris entre 10 et 100 % (Chakali 1985). Il se localise à 5 kilomètres au Sud Est de la ville de Djelfa, à une altitude variant entre 1200 et 1400 m, limité à l'est par la commune de Moudjbara, au sud par la forêt naturelle de Djellal chergui (Fig. 19).



Photo Chakali, 2014

Figure 19 : Reboisement de Moudjebara

1.2. Données sur les forêts prospectées à l'Est

1.2.1. Parc National d'El Kala

Le Parc National d'El Kala appartient à l'étage bioclimatique sub-humide à humide. La zone d'étude est située entre la latitude $36^{\circ}52'29.23''\text{N}$ et la longitude $8^{\circ}10'52.62''\text{E}$ à l'extrême Nord-Est du Tell algérien à 80 km à l'est de la ville d'Annaba. Il est limité à l'est par la frontière algéro-tunisienne, au nord par la mer Méditerranée, à l'ouest par les plaines d'Annaba et au sud par les montagnes de la Medjerda. Dans le Parc National d'El Kala ce sont les forêts de chênes qui dominent. Sur une superficie totale de 80.000 ha, les forêts de pin maritime se limitent à une superficie de 5153 ha. Le pin d'Alep est faiblement représenté (20 ha) (Fig.20).



D.G.F., 2005

Figure 20 : Parc National d'El Kala

1.2.2. La forêt de Sétif

Le patrimoine forestier de Sétif occupe une superficie de 100 232 ha, Les essences dominantes sont le Pin d'Alep situé au Sud de la wilaya de Sétif avec une superficie de 73.789 ha, le Chênes vert d'une superficie de 20. 982 ha, le cèdre 3. 222 ha et le chêne liège 2.239 ha. La zone d'étude se localise entre latitude de $36^{\circ}21'56.13''\text{N}$ et longitude $5^{\circ}29'37.07''\text{E}$. La plupart des massifs forestiers se localisent dans la chaîne des babors au Nord, au Djebel Babor et Tamentout et dans celle de Hodna au Sud ; au Djebel Boutaleb et Righa. (DPAT., 2010 in Mihi., 2012). (Fig. 21).



Photo Chakali, 2014

Figure 21 : La forêt de Sétif

1.2.3. La forêt de Batna

Le domaine forestier national s'étend sur une superficie totale de 324.914 Ha, dont le pin d'Alep occupe une superficie de 77 812 ha. La pinède est localisé entre altitude 35°34'02.48"N et longitude 6°12'35.73"E. appartient à l'étage bioclimatique semi aride, en plus du pin d'Alep le patrimoine sylvicole est très riche de Chêne vert et le genévrier oxycédre qui occupe une superficie de 87.626 ha, le Genévrier de Phénicie occupent 76. 352 ha, le cèdre 6. 402 ha et les essences secondaires qui sont : le frêne (2. 541 ha) et Alfa (3. 000 ha). (DGF. Batna 2014). (Fig. 22).

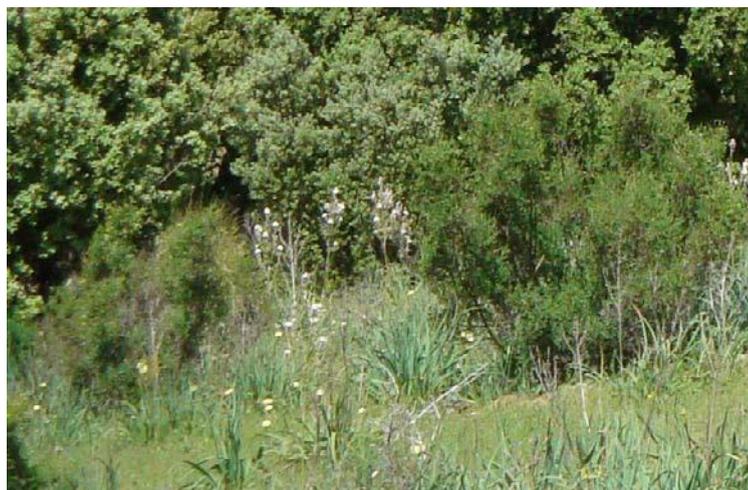


Photo Chakali, 2014

Figure 22 : La forêt de Batna

1.2.3.1. La cédraie de Chélia

S'étendant sur une superficie de 8.832 hectares, le Djebel Chélia culmine à 2326 m d'altitude. Il se situe au Nord du massif de Béni-Imlloul. La zone d'étude est localisé entre altitude 35°18'8.48"N et longitude 6°37'4.17"E. Les principales essences forestières sont ; le Cèdre de l'Atlas, le Chêne vert et le Pin d'Alep (Fig.23) Les espèces d'accompagnement sont : l'If, l'Erable, le Sorbier, le Frêne, le Genévrier oxycèdre, le Genévrier thurifère, l'Aubépine et le Genêt d'Espagne.

Le mont du Chélia abrite également une faune diversifiée. Parmi les Mammifères, le Sanglier, le Lièvre, le Chacal, le Renard, l'Hyène rayé, l'Hérisson sont les principales espèces de vertébrés.

Pour l'avifaune, la Perdrix rouge, la Palombe, la Tourterelle, l'Etourneau, le Faucon, l'Epervier, l'Aigle.



Photo Chakali, 2014

Figure 23 : Cédraie naturelle de Chélia

1.3. Données sur les régions de l'Ouest prospectées

1.3.1. Parc National de Tlemcen

Le Parc National de Tlemcen s'étend sur une superficie de 8 225 hectares. Il a été créé le 12 mai 1993 pour la conservation des subéraies, peuplements reliques, de la zenaie évoluant dans un microclimat humide, de la pinède, du reboisement âgée de 110 ans (DGF. 2005). Les principaux peuplements forestiers sont représentés par: le pin d'Alep, le chêne vert, le thuya, le genévrier oxycèdre, le chêne-liège.

La zone d'étude est localisée entre altitude 34°36'48.96"N et longitude 1°1'50.56"W.

La région de Tlemcen s'inscrit comme un îlot arrosé au milieu des zones arides de la Moulouya marocaine à l'Ouest, semi-arides de Sidi-Bel-Abbès et Mascara à l'Est et steppique d'El Aricha au Sud (Fig.24).



Photo Chakali, 2014

Figure 24 : Forêt de pin d'Alep à Tlemcen

1.3.2. Parc National de Theniet El Had

Cette aire protégée créée le 23 juillet 1983 s'étend sur une superficie de 3 425 hectares. Le Parc National de Theniet El Had, est un massif montagneux. Il forme un passage obligé entre les montagnes de l'Ouarsenis et les plaines du Sersou.

Du point de vue administratif, le Parc National fait partie de la wilaya de Tissemsilt.

La végétation du Parc National de Theniet El Had est très variée où les peuplements forestiers représentent les 3/4 de la superficie totale, le reste est à l'état de végétation basse. Cette végétation peut être divisée en quatre zones homogènes:

- Maquis de chêne vert avec dominance de formations buissonnantes et épineuses;
- La Suberaie, avec comme espèces dominantes: le *Quercus suber* et des buissons de *Quercus ilex* et *Calycotome spinosa*.
- La cédraie du versant nord où le recouvrement des arbres est très important, c'est l'une des plus belles cédraies d'Algérie avec des arbres de première grandeur constituant de très hautes futaies. Comme espèces dominantes, on signale, mis à part le cèdre, la présence de: l'Aubépine, la Rose églantine, le Genêt.

- La cédraie du versant sud qui est une cédraie dégradée avec dominance de buissons le Chêne zeen. Comme autres espèces on rencontre également, l'Erable, les saules, le Frêne, l'Asphodèle, le Diss, la Férule, le Chèvrefeuille, la Lavande. La zone prospectée se localise entre la latitude $35^{\circ}51'19.64''\text{N}$ et la longitude $2^{\circ}0'7.33''\text{E}$. (Fig.25).



Photo Chakali, 2014

Figure 25 : Cédraie de Theniet El-Had

1.3.3. Le reboisement d'El Bayadh

Le patrimoine forestier constitue essentiellement de forêts domaniales d'une superficie de 122 111 hectares, soit 1,70 % de la superficie totale. A cette superficie s'ajoute 13553 hectares de reboisement dans le cadre du barrage vert qui traverse la wilaya du Sud Ouest au Nord Est.

Les essences dominantes sont le Pin d'Alep et le Chêne vert qui forment 61,96 % du couvert végétal. La région d'étude se localise dans l'étage bioclimatique semi aride entre altitude $33^{\circ}43'40.86''\text{N}$ et longitude $1^{\circ}09'53.93''\text{E}$. (Fig. 26).



Photo Tahri, 2013

Figure 26 : Reboisement de pin d'Alep à EL-Bayadh

2. Caractéristiques climatiques des zones d'études

Les paramètres climatiques figurent parmi les facteurs écologiques qui influencent les populations d'insectes dans leur biotope. Il s'agit d'une double influence, à la fois directe et indirecte, car le climat conditionne déjà le développement des arbres qui servent de biotopes de sélections aux insectes (Chararas, 1979). Les modifications du climat en général déterminent pour une grande part la répartition, le développement, l'activité et les pullulations des insectes (Hmimina, 1986). Les moyennes mensuelles des températures et des précipitations concernant la décennie allant de 2003 à 2012 sont prises en considération pour tirer une analyse plus fiable des variations climatiques de zones d'études prises en considération. Les données climatiques nous ont été fournies par l'office National Météorologique de Dar El Beida. Pour certaines régions en l'absence de station météorologique au niveau de la zone d'étude des corrections ont été effectuées selon les relations proposées par Seltzer (1946). La correction des gradients pluviométrique et thermique a été faite par extrapolation. Pour le Nord de l'Algérie, Seltzer (1946), considère que pour 100 mètres d'altitude, les températures maxima (M) et minima (m) diminuent respectivement de $0,7^{\circ}\text{C}$ et de $0,4^{\circ}\text{C}$. Le coefficient de correction est calculé à partir de la différence d'altitude entre la station de référence et la station d'étude.

2.1. La température

La température représente un facteur limitant d'une première considération car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques ainsi que la durée du cycle biologique des insectes ; tout en déterminant le nombre de générations par an (Ramade, 2003). Elle conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Barbault (2003), estime que la faune et la flore se distribuent selon des aires de répartition qui peuvent être définies à partir des isothermes.

Les moyennes mensuelles des températures des zones d'étude entre 2003 et 2012 sont portées sous forme d'histogramme afin de tirer plus d'informations sur les variations mensuelles au cours du temps (Fig. 27).

En l'absence de station météorologique au niveau du Parc National de Chréa et au Parc National de Theniat El Had, nous avons été contraints de considérer les données climatiques respectivement, des stations de Médéa et de Tiaret, les plus proches, une correction du paramètre de la température a été effectuée.

Durant la période hivernale, les températures moyennes dans la région de Chréa varient de 4,21 à 7,53°C. Pendant la période estivale, les valeurs moyennes sont comprises entre 20,89 à 24,48°C Les écarts types sont 0,82 et 1,79°C.

Les données des températures des régions du centre (Blida et Cherchell) nous ont été données par la station météorologique de Dar El Baida. Durant la période hivernale, les températures moyennes varient de 0,56 à 1,78°C. Pendant la période estivale, les valeurs moyennes sont comprises entre 0,89 à 1,18°C Les écarts types sont de 0,89 à 1,18°C.

La région de Djelfa est caractérisée par des températures très variables. Elles sont basses en hiver et élevées en été. Les moyennes des températures calculées. En hiver les températures moyennes calculées sont de l'ordre de 5,84 à 10,72°C avec des écarts types de 1 à 2°C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 25 à 29°C avec des écarts types de l'ordre de 1 à 2°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne est autour de 29°C. Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes de l'ordre de 6 et 7°C.

Les moyennes des températures calculées dans la région d'El Kala. En hiver les températures moyennes calculées sont de l'ordre de 12,40 à 14,68°C avec des écarts types de 0,4 à 1,88°C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 24,20 à 28,81°C avec des écarts types de l'ordre de 1,35 à 1,41°C.

La région de Sétif, est caractérisé par des températures moyennes en hiver sont de l'ordre de 4,96 à 8,87°C avec des écarts types de 0,72 à 2,10°C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 22,44 à 26,52°C avec des écarts types de l'ordre de 0,84°C à 1,60°C.

En hiver, les températures moyennes calculées à Batna y compris Chélia sont de l'ordre de 5,65 à 10,10°C avec des écarts types de 0,80 à 1,41°C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 23,75 à 27,74°C avec des écarts types de l'ordre de 0,63°C à 1,92°C.

Tlemcen, présente en hiver les températures moyennes, de l'ordre de 10,13 à 13,21°C avec des écarts types de 0,68 à 1,87°C Au cours de la période estivale les moyennes vont de 23,28 à 26,65°C avec des écarts types de l'ordre de 0,60 °C à 0,94°C.

En hiver, les moyennes des températures calculées à Theniat El Had sont de l'ordre de 4,76 à 6,97°C avec des écarts types de 0,80 à 1,65°C Au cours de la période estivale les moyennes vont de 21 à 24,71°C avec des écarts types de l'ordre de 1,05 à 1,23°C.

Et enfin, en hiver les moyennes des températures calculées à El Bayadh sont de l'ordre de 4,72 à 10,26°C avec des écarts types de 0,72 à 1,76°C. Au cours de la période estivale les moyennes vont de 24,25 à 28,67°C avec des écarts types de l'ordre de 0,62 C à 1,32°C.

2.2. Les précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'une importance fondamentale. La répartition annuelle des précipitations est importante aussi bien par son rythme que par sa valeur volumique absolue. Le volume annuel des précipitations conditionne en grande partie les biomes continentaux (Ramade 2003). L'eau représente de 70 à 90% des tissus de la réduction des pertes constituent un problème écologique et physiologique fondamental (Dajoz, 1977). La pluviométrie a une influence importante sur la biologie des espèces animales (Mutin, 1977), par conséquent elle agit sur la vitesse de développement des animaux, sur leur longévité et leur fécondité (Dajoz, 1971). Pour tirer plus d'information sur les variations des quantités pluviométriques, nous avons présenté des moyennes des précipitations mensuelles enregistrées sur une dizaine d'année.

Pour les mêmes raisons évoquées précédemment pour les températures, une correction du paramètre précipitation a été effectuée pour les stations de Chréa et Theniat El Had.

Les moyennes des données pluviométriques moyennes des sites prospectés sont reportées sous forme d'histogramme pour mieux ressortir les variations enregistrées avec les écarts types.

(Fig. 28).

Les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées dans le Parc National de Chréa montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois de février avec 112,96 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 5,25 mm. L'année 2003 reste la plus pluvieuse avec 1053,20 mm. Par ailleurs en l'année 2005 la quantité pluviométrique se limite à 559,5 mm.

A Cherchell et Blida, les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois de novembre avec 108,24 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 1,58 mm. L'année 2011 reste la plus pluvieuse avec 836,16 mm, en 2008 la quantité pluviométrique se limite à 500,41 mm.

Les quantités moyennes de pluies enregistrées dans la région de Djelfa, présente une grande variabilité, les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois d'avril avec 35,05 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont de l'ordre de 15,42 mm. L'année 2009 reste la plus pluvieuse avec 394,70 mm, en 2005 la quantité pluviométrique se limite à 232,41 mm.

Une grande variabilité des précipitations également est notée à El Kala, des quantités importantes de pluies caractérisent la période froide allant de 65,28 mm du mois de janvier à 109,84 mm au mois de décembre. Les très faibles précipitations enregistrées coïncident avec la saison estivale ne dépassent pas une moyenne de 0,95 mm au mois de juillet. L'année 2011 reste la plus pluvieuse le total des chutes de pluies atteint 767,90 mm.

En 2007 la quantité pluviométrique se limite à 150,64 mm. Un grand écart pluviométrique est noté.

Les valeurs en précipitation les plus élevées dans la région de Sétif sont enregistrées au cours du mois d'avril avec 68,48 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 14,84 mm. L'année 2011 reste la plus pluvieuse avec 600,25 mm, l'année 2005 la quantité pluviométrique se limite à 313,73 mm.

Dans les régions de Batna et Chélia, les quantités de pluies enregistrées présentent une grande variabilité. Les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois d'avril avec 53,34 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 6,28 mm. L'année 2003 reste la plus pluvieuse avec 612,73 mm, en 2012 la quantité pluviométrique se limite à 176,80 mm.

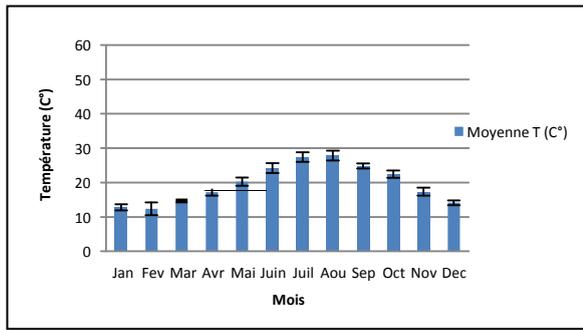
Les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées à Tlemcen montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois de novembre avec 48,64 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 0,69 mm. L'année

2011 reste la plus pluvieuse avec 450,2 mm, en 2005 la quantité pluviométrique se limite à 182,65mm.

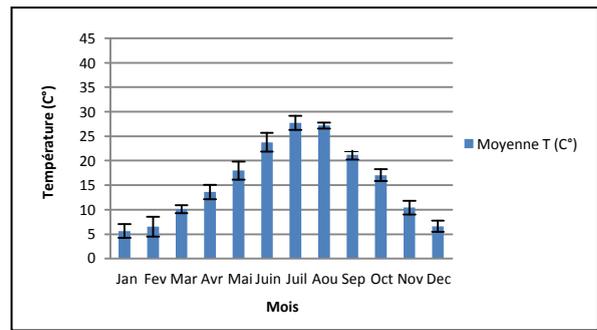
A Theniat El Had, les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois d'avril avec 54,84mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 2,46 mm. L'année 2009 reste la plus pluvieuse avec 542,98mm, l'année 2011 la quantité pluviométrique se limite à 355,80 mm.

Les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées dans la wilaya d'El Baydh montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois d'octobre avec 66,19 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 8,18 mm. L'année 2011 reste la plus pluvieuse avec 540,57 mm.

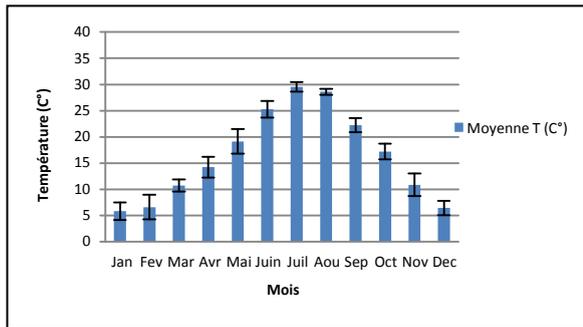
Par ailleurs en l'année 2007 la quantité pluviométrique se limite à 152,65 mm.



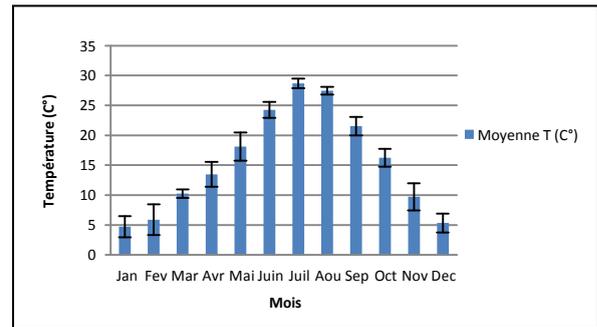
El kala



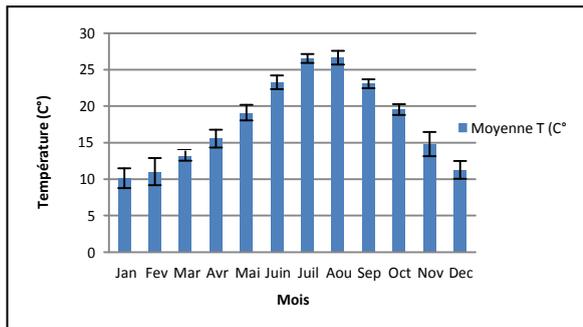
Batna



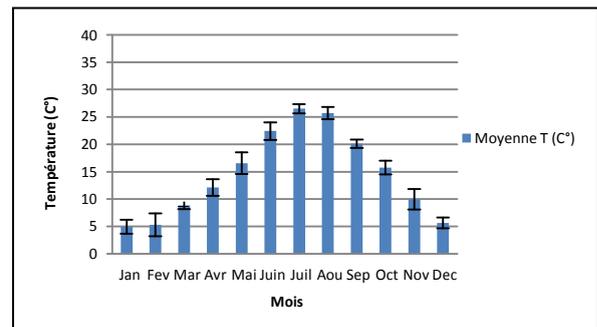
Djelfa



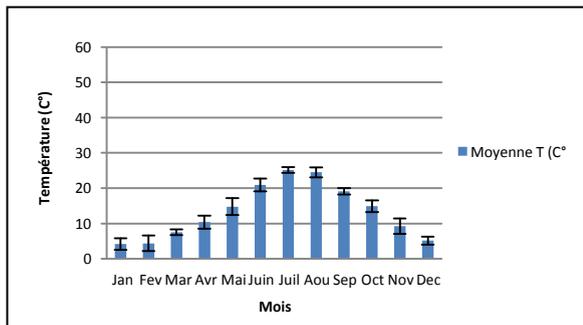
El Bayadh



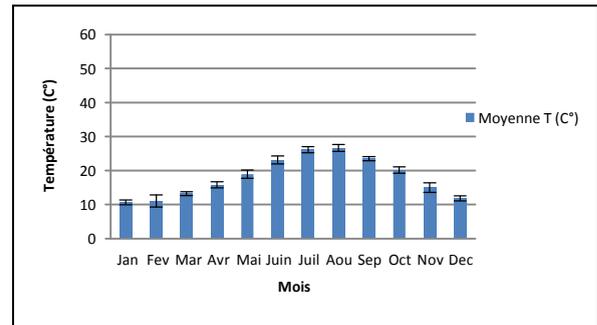
Tlemcen



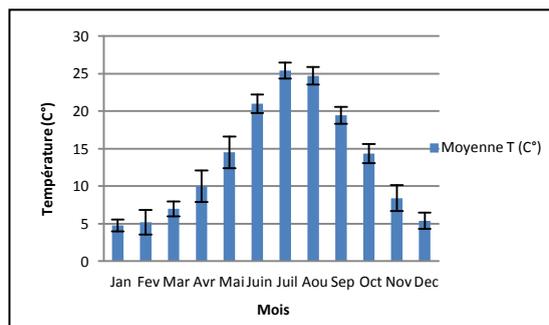
Sétif



Chréa



Cherchall



Theniat El Had

Figure 27 : Variation des moyennes des températures mensuelles (2003/2012) dans les sites prospectés.

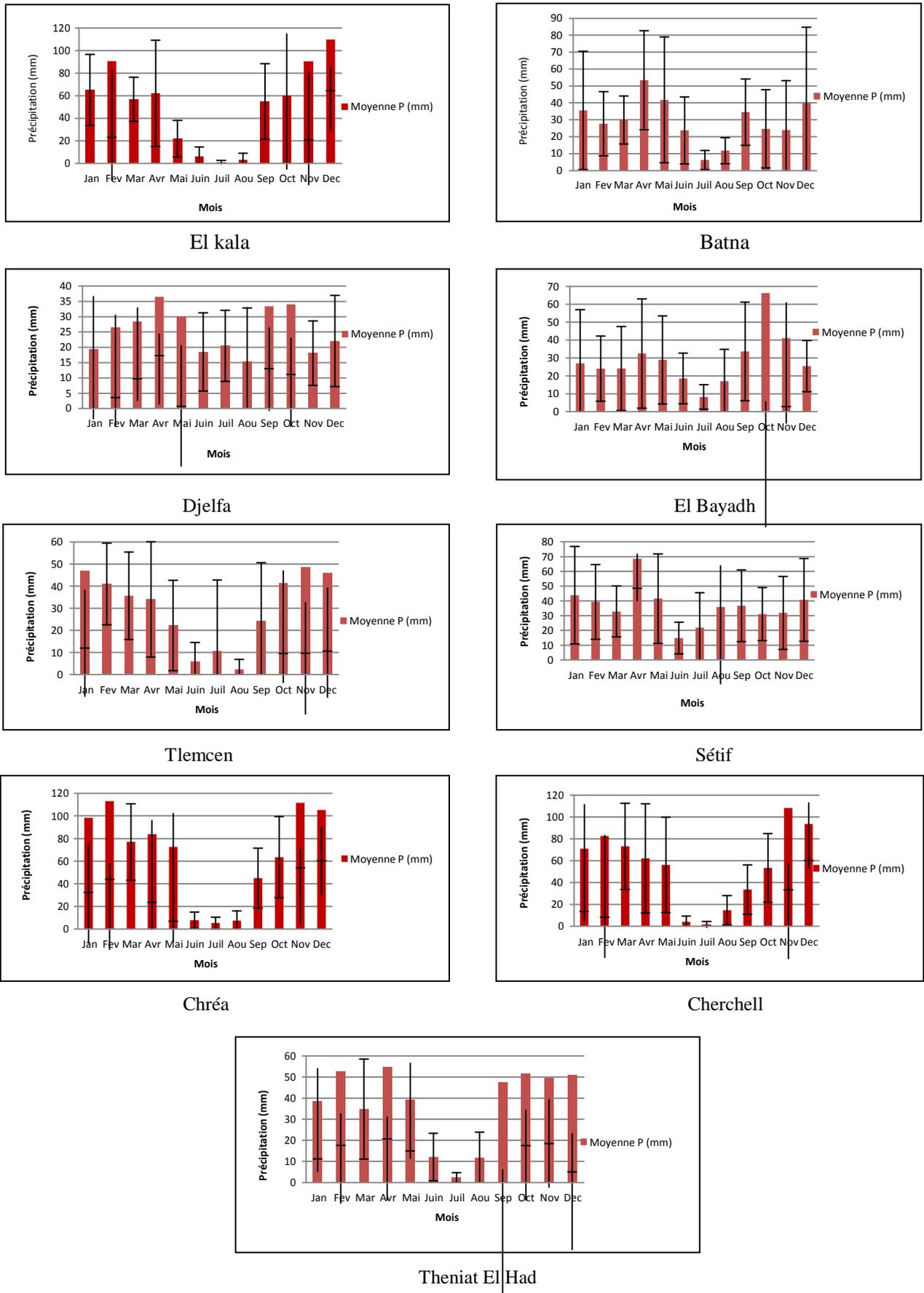


Figure 28 : Variation des moyennes des précipitations mensuelles (2003/2012) dans les sites prospectés.

2.3. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen définit les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimées en degré Celsius (Mutin, 1977). De même le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au dessus de celle des précipitations. Néanmoins, il est humide dans le cas contraire (Dreux, 1980) (Fig. 29).

L'étude du diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Chréa révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la deuxième quinzaine de mois de mai jusqu'à la troisième semaine du mois d'aout, alors que la période humide dure de la première semaine du mois de septembre jusqu'à la mis mai.

L'étude du diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Blida et Cherrhell révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la première semaine du mois de mai jusqu'à la deuxième quinzaine du moi de septembre, alors que la période humide s'étale de la troisième semaine du mois de septembre jusqu'au début du mois de mai.

L'étude du diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Djelfa révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la deuxième quinzaine du mois d'avril jusqu'à la fin du mois de novembre, alors que la période humide dure du début novembre jusqu'à la deuxième quinzaine du mois d'avril.

La région d'El Kala révèle également l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la deuxième semaine du mois d'avril jusqu'à la première semaine du mois de septembre, alors que la période humide dure de la première semaine du mois de septembre jusqu'à la deuxième semaine du mois d'avril.

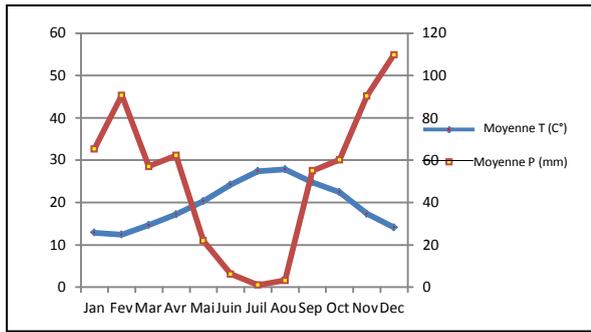
La région de Sétif révèle aussi l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la première semaine du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, alors que la période humide dure de la première semaine d'octobre novembre jusqu'à la première semaine du moi de mai.

L'existence également de deux périodes sèche et humide dans la région de Batna et Chélia. La période sèche s'étale de la première semaine du mois de mai jusqu'au début du mois de novembre, alors que la période humide dure du mois de novembre jusqu'au début mai.

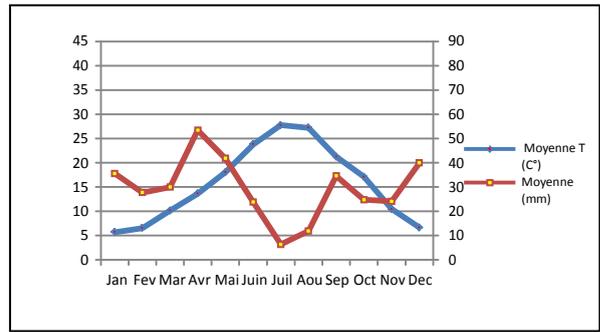
La région de Tlemcen révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la première semaine du mois d'avril jusqu'à la première semaine du mois d'octobre, alors que la période humide dure de début d'octobre jusqu'à la première semaine du mois d'avril.

L'étude du diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Theniat El Had révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la première semaine du mois de mai jusqu'à la troisième semaine du mois d'août, alors que la période humide dure de la première semaine du mois de septembre jusqu'au début du mois de mai.

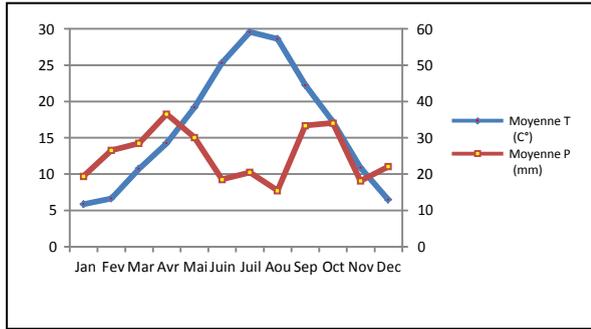
La région d'El Bayadh révèle l'existence de deux périodes sèche et humide. La période sèche s'étale de la première semaine du mois d'avril jusqu'à la première semaine du mois de septembre, alors que la période humide dure du début du mois de septembre jusqu'à la première semaine du mois d'avril.



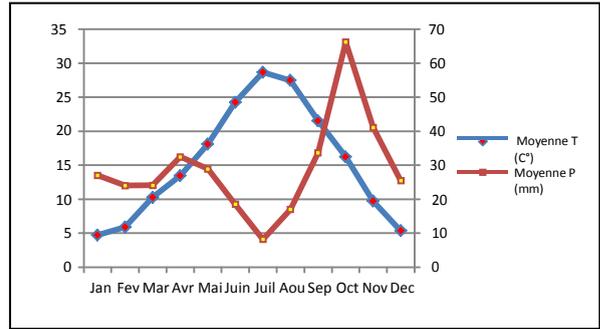
El kala



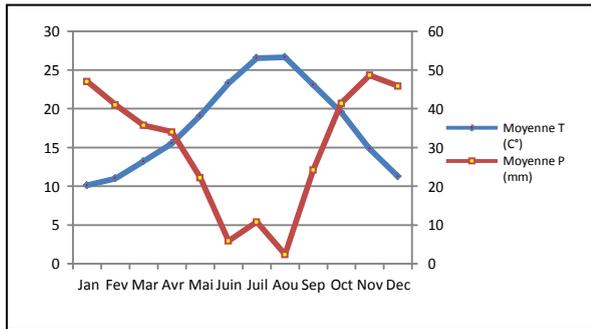
Batna



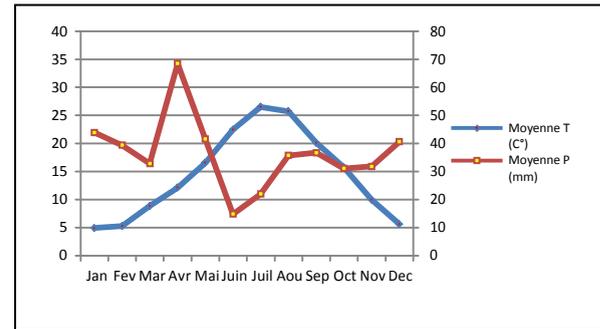
Djelfa



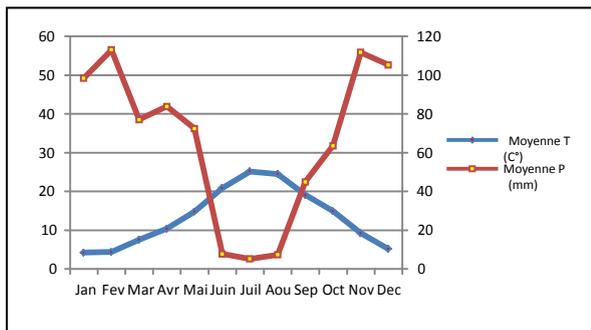
El Bayadh



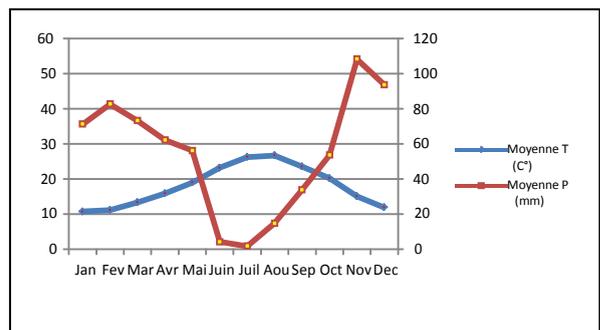
Tlemcen



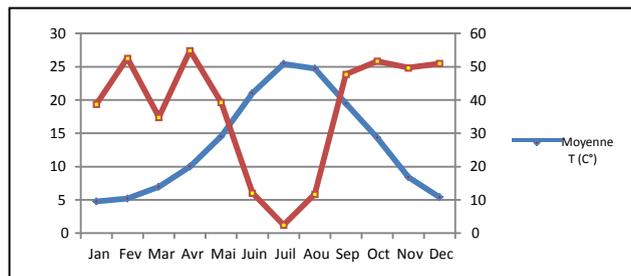
Sétif



Chréa



Cherrhell



Theniat El Had

Figure 29 : Diagramme ombrothermique de Gausson des sites prospectés (2003/2012)

2.4. Climagramme d'Emberger

Emberger (1955) a défini un quotient pluviométrique qui permet de distinguer entre les différentes nuances du climat méditerranéen. L'auteur précité a mis au point un indice tenant du total annuel des précipitations et des températures maxima et minima, c'est le quotient pluviométrique d'Emberger simplifié par Stewart (1969).

$$Q^2 = \frac{3.43 \times P}{M-m}$$

Q² : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Ramade (1984), mentionne que ce quotient est établi initialement pour les régions méditerranéennes. Il permet ainsi de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971) (Fig. 30).

Le quotient Q^2 de la région de Chréa, calculé à partir des données pluviométriques et de températures obtenues durant une période s'étalant de 2003 à 2012 est égal à 129,49.

La valeur calculée est portée sur le climagramme d'Emberger, qui situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique sub humide à hivers tempéré.

Le quotient Q^2 de la région de Cherchell, est égal à 140,59, par conséquent cette région est située dans l'étage bioclimatique humide à hivers tempéré.

La région de Djelfa est située dans l'étage bioclimatique semi aride à hivers froid, le quotient Q^2 est égal à 43,83.

Le quotient Q^2 de la région d'El Kala est égal à 138,60, la valeur calculée montre que la région d'étude est située dans l'étage bioclimatique humide à tempéré à chaud.

La région de Sétif est située dans l'étage bioclimatique sub humide à hiver frais, le quotient Q^2 est égal à 69,85.

Le quotient Q^2 de la région de Batna, est égal à 54,81, la région d'étude est située dans l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais.

Le quotient Q^2 de la région de Tlemcen, calculé est égal à 74,55, la région d'étude est située dans l'étage bioclimatique sub humide à hivers tempéré.

Theniat El Had appartient à l'étage bioclimatique sub humide à hivers frais, le quotient Q^2 calculé est égal à 74,05.

La région d'El Bayadh fait partie de l'étage bioclimatique semi aride à hivers tempéré, le quotient Q^2 calculé est égal à 49,62.

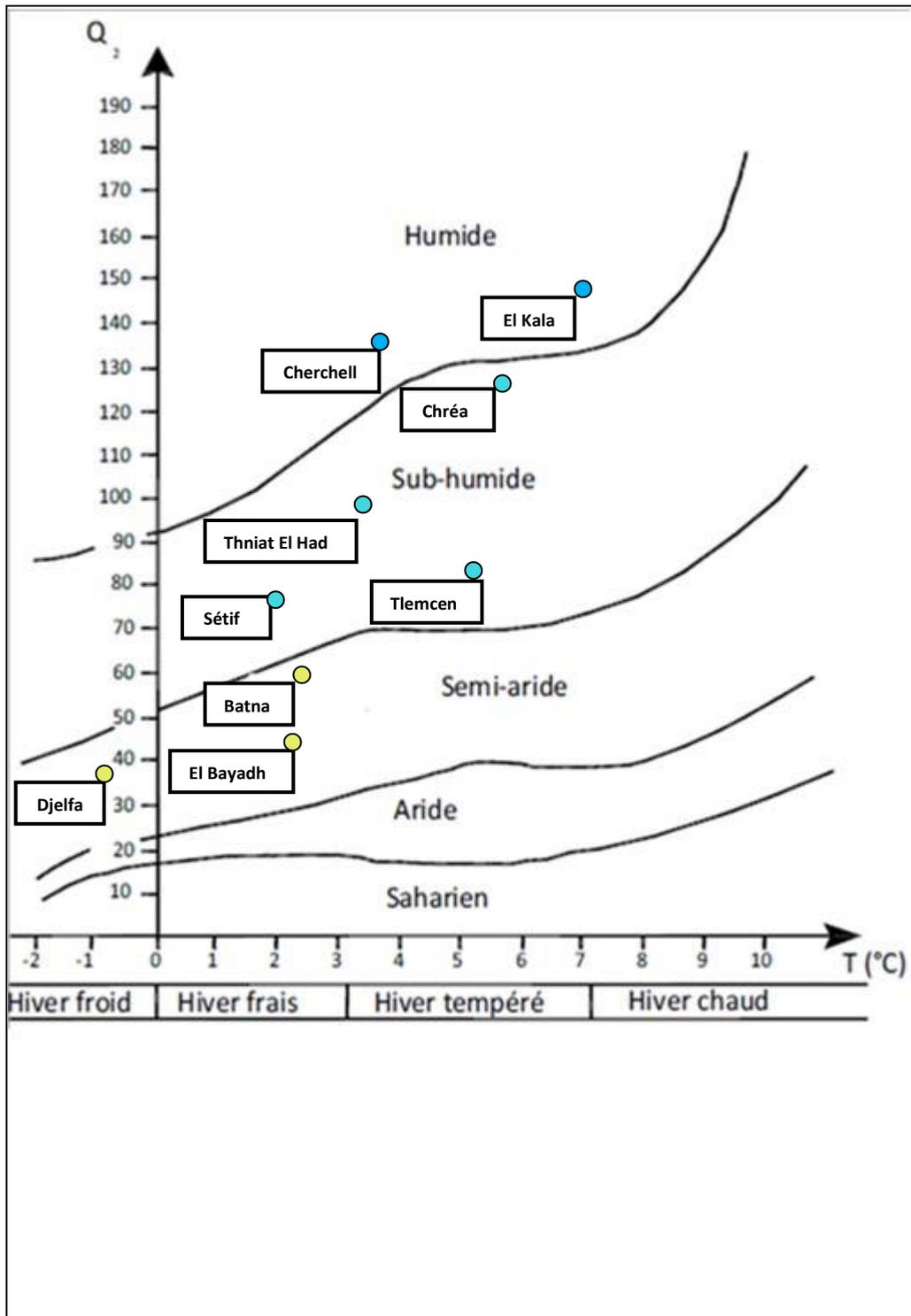


Figure 30 : Climagramme d'Emberger des sites prospectés (2003/2012)

3. Méthodologie adoptées

3.1. Récolte et préparation des pontes

Des lots de pontes ont été récoltés d'une manière aléatoire dans les cédraies et pinèdes naturelles pendant les mois d'août, septembre et octobre de l'année 2012. Cinq cent soixante quatorze pontes ont été récoltées à une hauteur accessible à partir des arbres répartis sur l'ensemble des boisements et forêts naturelles. Dans un premier volet les écailles protectrices sont ôtées des pontes qui sont conservées dans des tubes à essai de 10cm de longueur et 1cm de diamètre fermés avec du coton pour assurer l'aération. Sous les conditions de températures de $26 \pm 1^\circ\text{C}$ et d'une humidité relative de $60 \pm 5\%$, le matériel biologique est contrôlé quotidiennement et les émergences des parasitoïdes sont notées au cours du temps et les températures journalières ont été notées à l'aide d'un thermomètre.

3.2. Mensuration des pontes

Dans un premier volet, à l'aide d'un pied à coulisse les longueurs sont mesurées sur un lot de 574 pontes en provenance de chaque site prospecté, Dans le second, sous une loupe binoculaire, nous avons réalisé, un comptage des œufs.

3.3. Dénombrement des catégories des œufs

Après l'éclosion totale des pontes, les manchons ont été écaillés à l'aide d'un ruban adhésif afin de procéder au comptage des œufs à l'aide d'une loupe binoculaire, pour ce faire, après avoir retiré les écailles des pontes, les lignes d'œufs sont marquées au feutres de différentes couleurs afin de constituer un repère visuel pour le comptage des œufs (non éclos, éclos, et de ceux ayant des trous de sortie de parasites) qui nous a permis d'obtenir des données sur :

- Nombre moyen d'œufs par manchon (indice de fécondité de la processionnaire du pin).
- Nombre moyen d'œufs éclos.
- Parasitisme total des oophages sorties.

Tous ces résultats seront portés sur des fiches d'exploitation. Ainsi pour chaque ponte de chaque localité nous connaissons le nombre total d'œufs, nombre des œufs éclos, œufs non éclos et le nombre total des parasitoïdes.

3.4. Examen du matériel biologique

Les échantillons mesurés ont été conservés dans des tubes numérotés individuellement au niveau de laboratoire. L'éclosion du matériel biologique ainsi préparé est notée quotidiennement.

On inscrit en parallèle : la date d'éclosion de chaque ponte sur la fiche d'exploitation qui porte aussi la date de récolte de la même ponte.

3.5. Test de longévité des parasitoïdes actifs

Les parasitoïdes des œufs émergés ont été retirés immédiatement et séparés dans des tubes pour l'examen du test de longévité. Ainsi, les parasitoïdes des divers provenances sont transférés par dizaine dans des tubes à essais, munis de languettes contenant des gouttelettes de miel pur qui assurent une longévité maximale des individus. L'alimentation en miel est renouvelée tous les deux jours. Les mortalités sont comptabilisées quotidiennement.

4. Méthodes d'analyses statistiques

4.1. Analyse descriptive

La statistique descriptive a essentiellement pour but de présenter les données observées sous une forme telle qu'on puisse facilement en prendre connaissance. Cette analyse a concerné le calcul des moyennes, des écarts types, et le coefficient de variation. Ceux-ci ont été réalisés à l'aide du logiciel Statgraphics.

4.2. Distribution de fréquence

L'analyse fréquentielle représente la méthode pratique pour la description d'une population ou d'un échantillon et d'en procéder avant tout à une distribution de fréquence. Ceci dans le but de caractériser les populations dans leur ensemble et de présenter les données sous une forme synthétique, sans perdre l'essentiel de l'information contenue dans les valeurs de la variable à établir. Les données sont rangées, puis regroupées dans un nombre restreint de classes. Il s'agit donc d'une distribution qui montre la probabilité d'apparition de toutes les valeurs d'une variable théorique. La forme de cette distribution répond à une loi normale. Cette analyse a concerné les distributions des classes des longueurs des pontes et quantifications des œufs par pontes de l'insecte.

Des analyses fréquentielles sont conduites afin des regrouper les pontes en fonction de leur longueurs et de leur nombre d'œufs. Le logiciel utilisé est le Statistica 6.2.

4.3. ANOVA

L'objectif de ce traitement est de tester les différences significatives entre les moyennes. Des analyses à un facteur ont été effectuées pour vérifier l'effet d'un facteur contrôlé ayant des modalités sur les moyennes d'une variable quantitative. Cette analyse a été appliquée sur mensurations des longueurs des pontes et le dénombrement des œufs. Des analyses de

comparaison des moyennes à un facteur ont été effectuées pour tester la différence entre la fertilité des femelles de la processionnaire du pin.

4.4. Analyses croisées

Le tracé type de l'analyse proposé entre deux variables, place une boîte de 50% de variation de la population autour d'un point central, représentant la médiane ainsi que des étendues de variations de 50% en haut et en bas de la boîte. Elle dérive de l'analyse canonique. Les F observés et les probabilités de signification sont déterminés pour chaque combinaison de variables étudiées qui sont les variables liées aux pontes en relation avec la longueur des pontes. Cette analyse a été effectuée au moyen du logiciel Statistica 6.2.

TROISIEME CHAPITRE

RESULTATS

1. Diversité des parasitoïdes repertories

1.1. *Baryscapus servadeii*

Le genre *Baryscapus* possède trois synonymes : *Eutetrastichus* (Kostjuov), *Tetrastichus* (Psis Girault) et *Thriposoma* (Crawford).

L'espèce *Baryscapus servadeii* (Domenichini) appartient à la famille des Eulophidae. Sa taille se limite entre 1,7 et 2,1 mm. Il se reconnaît à sa couleur noir métallique. Sa tête présente un front convexe en vue dorsale. Funicules de l'antenne présentant 6 segments (Bertella, 1987). Le gastre est sessile et tarse formé de 5 segments. Les individus de cette espèce se reproduisent par la parthénogénèse thélytoque et présentent deux générations annuelles, la première génération s'échelonne sur la période de ponte de la processionnaire du pin. La seconde résulte de la dormance de la même génération qui émerge cinq à six mois plus tard (Gachi, 1986). Les individus mâles sont très rares (Fig. 31).



Originale

Figure 31 : *Baryscapus servadeii* (Domenichini) (Cédraie de Chréa)

1.2. *Ooencyrtus pityocampae*

L'espèce *Ooencyrtus pityocampa* (Mercet), appartient à la famille des Eucyrtidae qui se caractérise par sa taille qui varie entre 1,1 et 1,5 mm. Il se reconnaît à son agilité et à sa couleur noire. Sa tête présente un front concave en vue dorsale. Funicules de l'antenne présentant trois articles. Le gastre est rétréci à la base et les tarsi sont formés de 4 segments. La face dorsale du thorax comprend un mésonotum avec une suture marquée suivi d'un scutellum avec deux sutures marquées. Les espèces du genre *Ooencyrtus* présentent deux générations annuelles et se reproduisent par parthénogénèse thélytoque. La présence des mâles est rarement notés (Gachi, 1986). La première génération coïncide avec la période estivale des pontes de la processionnaire et la seconde apparaît à la fin du printemps et permet ainsi de se caler sur la période de ponte de la nouvelle génération. La deuxième génération est issue des individus tardifs qui ont subi une diapause hivernale Zamoum (1998). Dans certains cas les représentants de cette espèce peuvent subir une diapause de deux années successives (Geri, 1980) (Fig. 32). En Algérie, *Ooencyrtus pityocampa* a été rencontré dans divers pinèdes et cédraie, elle a été identifiée par Arkam (2010) sur la cédraie de Chréa et sur les pinèdes appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride de la région de Djelfa plus exactement dans le reboisement de Moudjebara et dans la forêt naturelle de Senalab Chergui. Beritima (2012) a également identifié cette même espèce dans trois cédraies, Chelia, Theniat El Had et Chréa.



Originale

Figure 32 : *Ooencyrtus pityocampa* (Mercet) (Cédraie de Theniat El Had)

1.3. *Trichogramma embryophagum*

Les trichogrammes sont des parasitoïdes très actifs et très utilisés en lutte biologique. Ce groupe d'insectes appartient à la famille des Trichogrammatidae. Les adultes sont caractérisés par leur petite taille qui ne dépasse pas 0,5 mm. Il se reconnaît à sa couleur jaunâtre. Sa tête présente un front convexe en vue dorsale. Funicules de l'antenne présentant deux segments. Le gastre est sessile et les tarse sont formés de 3 segments. Les trichogrammes sont des espèces cosmopolites, dotées d'une polyphagie qui leur procure une place très importante dans la lutte biologique (Zong *et al*, 1986). Son action parasitaire est fortement contrariée par la présence des écailles sur les pontes. Les orifices de sortie de *T. embryophagum* sont minuscules et souvent situés sur des faces cachées des œufs. (Fig. 33).

Parmi les espèces, *T. embryophagum* a été noté dans les diverses cédraie d'Algérie, à savoir le Parc National de Theniat El Had, le Parc National de Chréa et dans la cédraie de Chélia (Beritima, 2012) et dans les pinèdes de Djelfa (Arkame, 2011).



Originale

Figure 33 : *Trichogramma embryophagum* (Cédraie de Chréa)

1.4. *Anastatus bifasciatus*

L'espèce *Anastatus bifasciatus* (Fonscolombe) appartient à la famille des Eupelmidae. Il se rencontre sur les œufs de lépidoptères et hyménoptère. Il se caractérise par une longueur du corps de l'ordre de 3 mm. Il se reconnaît à sa couleur noire. Les ailes sont marron avec une bande plus claire dans le sens de la largeur, généralement cette espèce a une répartition très limitée. Elle n'est pas considérée comme une espèce de très grande utilité. Ses orifices d'émergence sont plus petits que ceux de *B. servadeii* et *O. pityocampa*. (Fig. 34).



Berretima, 2013

Figure 34 : *Anastatus bifasciatus* (Fonscolombe)

2. Biométrie et analyse du matériel biologique

2.1. Analyse des longueurs des pontes

Les résultats de mensuration des longueurs des pontes sont consignés dans le tableau 4

Tableau 4 : Analyse descriptive des longueurs des pontes de la processionnaire du pin

Stations	Effectifs des pontes	Longueurs moyenne des pontes (mm)	Valeurs extrêmes (mm)	Coefficient de variation (%)
Blida	37	26 \pm 4	20-35	14,49
Batna	22	22 \pm 6	10-35	28,51
Chélia	50	29 \pm 6	15-47	21,42
Cherchell	52	26 \pm 5	15-35	19,80
Chrèa	26	23 \pm 6	14-38	27,82
El Bayadh	43	23 \pm 6	10-35	25,32
EL Kala	36	27 \pm 6	15-40	24,13
Moudjebara	100	24 \pm 5	12-40	22,58
Senalba	100	22 \pm 5	10-35	24,24
Sétif	51	25 \pm 6	15-35	22,32
Theniat El Had	37	26 \pm 6	11-39	23,64
Tlemcen	20	20 \pm 4	15-30	21,45
Total	574	24 \pm 6	-	26,94

Les longueurs moyennes des pontes mesurées varient de 20 ± 4 mm dans le site de Tlemcen à 29 ± 6 mm dans la cédraie de Chélia avec des coefficients de variation comparable de l'ordre de 21%. Les valeurs extrêmes obtenues varient de 10 mm dans les stations appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride cas des pinèdes de Senalba, d'El Bayadh et de Batna à 47mm dans la cédraie de Chélia.

Si nous considérons séparément le matériel biologique récolté sur pin d'Alep et sur le cèdre de l'Atlas, les longueurs moyennes des pontes des populations sur pin d'Alep varie de 20 ± 4 mm à 27 ± 6 mm, le matériel biologique récoltées sur céderais varies de 23 ± 6 mm à 29 ± 6 mm. Les données recueillis dans les cédraies sont plus conséquente est significatives que les pontes récoltées dans les pinèdes à l'exception des pontes récoltées sur *Pinus pinaster* de la station d'El Kala dont la longueur moyenne est de 27 ± 6 mm. Vraisemblablement cette valeur plus conséquente est liée à la plante hôte et à la structure des aiguilles dont les longueurs sont de taille plus grande.

Afin de tirer des résultats plus fiables nous avons procédé à une comparaison des moyennes par ANOVA, représenté dans le tableau 5.

Tableau 5 : Anova des longueurs des pontes

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	3260,73	11	296,43	9,39	0,0001***
Intra-groupes	17356,4	550	31,5572		
Total (Corr.)	20617,2	561			

Le tableau d'ANOVA décompose la variance de longueurs en deux composants: un composant inter-groupes et un composant intra-groupes. Le rapport F, qui dans ce cas est égal à 9,39 est un rapport de l'estimation inter-groupes par rapport à l'estimation intra-groupes. Comme la valeur de la probabilité est égale à $p = 0,0001$ pour le test F qui est inférieure à 5% d'erreur. Une différence très hautement significative entre les moyennes de longueurs d'un niveau de station à l'autre (Figures 35 et 36).

Les étendues multiples illustré dans le tableau 3 les significations possibles des moyennes les unes des autres.

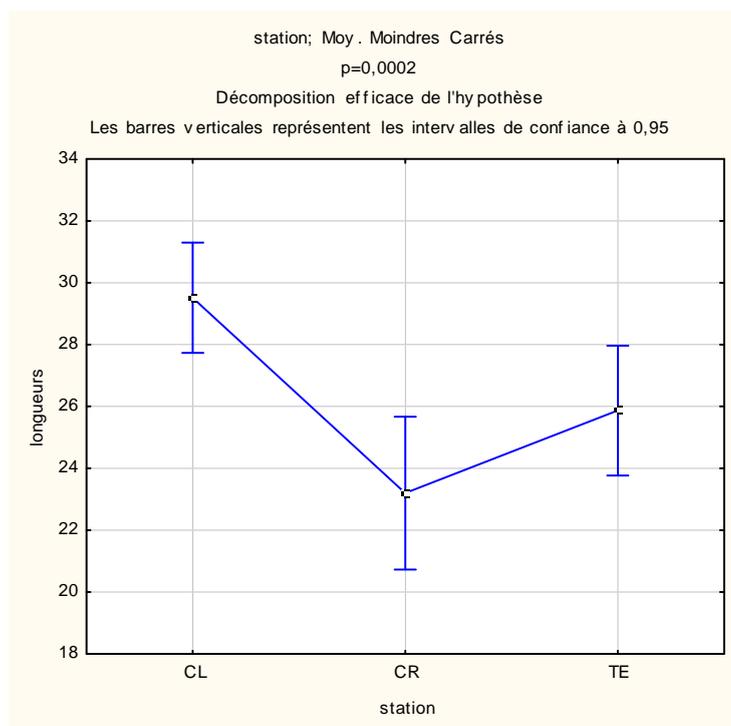


Figure 35 : Comparaison des longueurs moyennes des pontes dans les cédraies

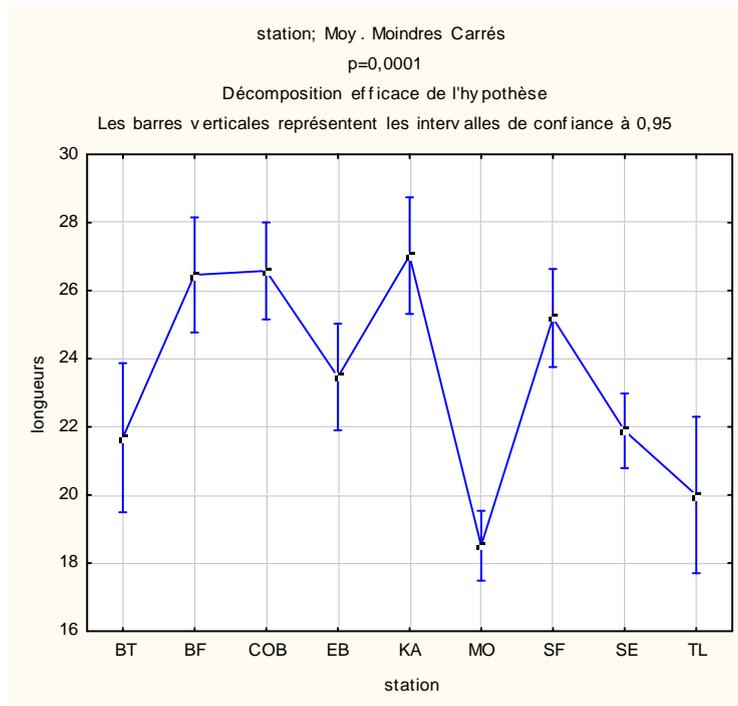


Figure 36 : Comparaison des longueurs moyennes des pontes dans les pinèdes

Une différence très hautement significative est notées entre les longueurs des pontes en provenance des cédraies et pinèdes ($p=0,0001$).

Tableau 6 : Tests des étendues multiples pour les longueurs par station

Méthode: 95,0 % LSD

Stations	Effectifs des pontes	Longueurs moyenne des pontes (mm)	Groupe homogène
Tlemcen	20	20	X
Batna	22	22	XXX
Senalba	88	22	XX
Chrèa	26	23	XXXX
El Bayadh	43	23	XXXX
Moudjebara	100	24	XX
Sétif	51	25	XX
Theniat El Had	37	26	XX
Blida	37	26	XX
Cherchell	52	26	XX
El Kala	36	27	X
Chélia	50	29	X

Ce tableau utilise la procédure des comparaisons multiples pour déterminer les moyennes qui sont significativement différentes les unes des autres. 6 groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X.

Le premier groupe est formé par 5 stations, (Tlemcen, Batna, Senalba, Chréa et El Bayadh) à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives. Les longueurs des pontes récoltés au niveau de ces cinq stations forment un même groupe. Le deuxième groupe est formé par une seule station (Moudjebara) dont la longueur moyenne des pontes est de 24 mm.

Le troisième groupe aussi est formé par une seule station de Sétif avec une longueur moyenne de 25mm. Le quatrième groupe constitué de trois stations (Theniat El Had, Blida et Cherchell), avec des longueurs moyennes de 26mm. Le cinquième groupe formé par El Kala avec une longueur moyenne de 27 mm. Le sixième groupe formé de Chélia avec une longueur de 29mm

2.1.1. Comparaison planifiée pour les longueurs de pontes

Pour plus d'informations, le test LSD a été effectué pour comparer deux à deux les populations considérées dans les biotopes prospectés. La matrice des corrélations le tableau 7 met en évidence les significations possibles.

Tableau 7 : Matrice de signification pour les longueurs de pontes

Test LSD ; Variable longueurs. Différences significatives marquées à $p < 0,05$												
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
BT {1}												
BF {2}	0,0012											
COB {3}	0,0004	0,9204										
CL {4}	0,0001	0,0102	0,0068									
CR {5}	0,3385	0,0201	0,0103	0,0001								
EB {6}	0,2138	0,0148	0,0059	0,0001	0,8446							
KA {7}	0,0003	0,0571	0,0038	0,0378	0,0067	0,0040						
MO {8}	0,0140	0,0001	0,0001	0,0001	0,02331	0,0001	0,0001					
SF {9}	0,0120	0,0850	0,0005	0,0001	0,0300	0,0267	0,0243	0,0001				
SE {10}	0,8753	0,0001	0,0001	0,0001	0,2826	0,1212	0,0001	0,0001	0,0006			
TE {11}	0,0054	0,5996	0,5046	0,0017	0,0643	0,0582	0,0346	0,0001	0,0139	0,0002		
TL {12}	0,3198	0,0001	0,0001	0,0001	0,1496	0,2195	0,0001	0,0663	0,0003	0,1642	0,0001	

La comparaison des longueurs des pontes en provenance de la forêt de Batna (1) montre une différence hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans les sites de Blida (2) et Thenia El Had (11) et très hautement significative avec les sites de Cherrhell (3), Chelia (4) et El Kala (7) par contre la comparaison des longueurs des pontes en provenance de la forêt de Batna ne montre pas de différence significative avec les sites de Chréa (5) El Bayadh (6) Senalba (10) et Tlemcen (12).

Une différence très hautement significative a été observée entre le site de Blida (2) et les sites de Moudjebara (8) et Senalba (10) et Tlemcen (12). Nous avons noté également une différence significative entre le site de Blida et celui des sites : de Chelia, Chréa, El Bayadh, El Kala et Sétif.

La longueur des pontes en provenance de la forêt de Blida (2) ne montre pas une différence significative avec les longueurs des pontes récoltées dans les sites de Cherrhell (3) et Theniat El Had (11).

Les pontes prélevées à Cherrhell (3) montre une grande différence significatives avec les sites de Chélia, El Bayadh (6) et El Kala (7), et très hautement significatives avec Moudjebara (8), Sétif (9) et Tlemcen (12) par contre avec le site de Theniat El Had il n'y a pas de différence de signification entre la longueur des pontes des deux sites.

La comparaison des longueurs des pontes en provenance de la forêt de Chélia (4) montre une différence hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans les sites de Chréa (5), El Bayadh (6), Moudjebara (8), Sétif (9), Senalba (10) et Tlemcen (12).

Une différence très hautement significative a été observée au niveau du site de Chréa (5) avec le site de Moudjebara (8) et hautement significative avec le site d'El Kala (7). Par contre il n'y a pas de différence significative avec les sites de El Bayadh (6) et Senalba (10). Une différence significative est notée avec le site de Théniat El Had (11).

La forêt de El Bayadh (6) montre une différence très hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans le site de Moudjebara (8) ($p=0,0001$). Une différence hautement significative avec le site El Kala (7) de Théniat El Had (11), par contre avec le site de Senalba (10) il n'y a pas de différence significative.

la forêt d'El Kala (7) montre une différence très hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8), Senalba (10), Tlemcen (12), Sétif (9) et Theniat El Had (11).

Une différence très hautement significative a été observée au niveau du site de Moudjebara (8) avec les sites de Sétif (9), Senalba (10), Theniat El Had (11) et Tlemcen (12).

La forêt de Sétif (9) montre une différence très hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans les sites de Senalba (10), Tlemcen (12) et Theniat El Had (11).

La forêt de Senalba (10) montre une différence très hautement significative avec les longueurs des pontes récoltées dans le site de Theniat El Had (11), par contre avec le site de Tlemcen il n'y a pas de différence significative.

2.1.2. Analyse fréquentielle des longueurs des pontes

L'analyse fréquentielle des longueurs des pontes a mis en évidence 5 classes pour les lots récoltés dans les dix sites prospectés à l'exception de deux sites Cherchell et Tlemcen dont l'analyse fréquentielle fait ressortir quatre classes. Les données recueillies mettent en évidence une différence très hautement significative entre les lots testés ($p=0,0001$) (Tab.8 et 9). L'analyse fréquentielle a été effectuée afin de regrouper les catégories des femelles pondueuses en classes en fonction de la longueur des pontes.

Tableau 8 : Analyse fréquentiel des longueurs

Batna		Blida		Chr�a	
Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)
6-12,4	4,54	18-21,80	13,51	10-16,4	11,53
12,4-18,8	22,72	21,80-25,60	45,94	16,4-22,8	38,46
18,8-25,2	54,54	25,60-29,40	5,4	22,8-29,2	34,61
25,2-31,6	13,63	29,40- 33,20	29,72	29,2-35,6	11,53
31,6-38	4,54	33,20-37	5,4	35,6-40	3,84
Chélia		Cherchell		El Bayadh	
Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)
12-20	4	12-18,5	5,76	6-12,4	2,32
20-28	42	18,5-25	46,15	12,4-18,8	13,95
28-36	36	25-31,5	36,53	18,8-25,2	58,13
36-44	16	31,5-38	11,53	25,2-31,6	18,6
44-52	2			31,6-38	6,97

Tableau 9 : Analyse fréquentiel des longueurs (Suite)

El Kala		Sétif		Thenia El had	
Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)
12-18,4	11,11	12-17,2	7,84	8-15,2	5,4
18,4-24,8	13,88	17,2-22,40	23,52	15,2-22,4	21,62
24,8-31,2	52,77	22,40-27,6	35,29	22,4-29,6	43,24
31,2-37,6	19,44	27,6-32,8	21,51	29,6-36,8	27,02
37,6-44	2,77	32,8-38	11,76	36,8-44	2,7
Tlemcen		Senalba		Moudjebara	
Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)	Classes (mm)	Taux (%)
13-17,75	30	10- 12,40	3,4	12- 15,2	6
17,75-22,5	45	12,40 – 18,8	20,45	15,2- 22,40	32
22,5-27,25	20	18,8 – 25,2	60,22	22,4 – 29,6	42
27,25-32	5	25,2 – 31,6	11,36	29,6 – 36,8	18
P=0,0001***		31,6 - 35	4,54	36,8 - 40	2

L'analyse fréquentielle des longueurs des pontes en provenance de Batna définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par un seul cas, avec une longueur de pont de 6 mm. La seconde classe regroupe cinq observations renfermant entre 12,4 et 18,80 mm. La troisième classe regroupe un maximum d'observations soit 12 pontes, renfermant entre 18,80 et 25,2 mm. La quatrième classe regroupe trois observations renfermant les longueurs de pontes comprise entre 25,2 et 31,6mm. La dernière classe se limite à 1 pont de dont la longueur des pontes est de 38mm.

Cinq classes s'ajustant à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ($p=0,0001$) pour des pontes en provenance de Blida. La première classe, représentée par 05 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 18 à 21,8 mm. La seconde classe regroupe un maximum d'observations, soit 17 pontes, renfermant entre 21,8 et 25,6 mm. La troisième classe se limite à 2 pontes dont la longueur des pontes est comprise entre 25,6 et 29,4 mm. Le quatrième groupe renferme 11 observations ayant des longueurs comprises entre 29,4 et 33,2 mm. Le dernier groupe se limite également à deux pontes avec des longueurs des pontes comprises entre 33,2 et 37mm.

Existence également à Chélia de cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 2 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 12 et 20 mm. La seconde classe

regroupe un maximum d'observations, soit 21 pontes, renfermant entre 20 et 28 mm. La troisième renferme 18 observations avec des longueurs des pontes comprises entre 28 et 36 mm. Le quatrième groupe formé par 8 cas ayant des longueurs des pontes comprises entre 36 et 44mm. La dernière classe se limite à une seul ponte avec une longueur de ponte de 52mm.

Par contre, à Cherchell quatre classes sont définie, s'ajustant à une loi normale avec une probabilité très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 3 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 12 à 18,5 mm. Le maximum a été observé dans la deuxième classe avec 24 cas ayant des longueurs des pontes comprise entre 18,5 et 25mm. La troisième classe renferme 19 observations ayant des longueurs des pontes comprise entre 25 et 31,5mm. La dernière classe caractérisée par 6 cas ayant des longueurs des pontes comprise entre 31,5 et 38mm.

A Chréa, cinq classes s'ajustant à une loi normale sont noté. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe renferme 3 cas de pontes ayant des longueurs comprise entre 10 et 16,4mm. La deuxième classe représentée par le maximum d'observation avec des longueurs des pontes comprise entre 16,4 et 22,8mm. La troisième classe est caractérisée par 9 observations ayant des longueurs des pontes comprise entre 22,8 et 29,2mm. La quatrième classe note 3 cas de pontes ayant des longueurs comprise entre 29,2 et 35,6mm. La dernière classe se limite seulement à un seul cas avec une longueur de ponte de 42mm

La longueur des pontes en provenance d'El bayadh définissent cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par un seul cas, avec une longueur de ponte de 6mm. La seconde classe renferme 6 observations ayant des longueurs comprises entre 12,4 et 18,80 mm. La troisième classe regroupe le maximum de pontes avec 25 observations, ayant des longueurs comprises entre 18,80 et 25,2 mm. La quatrième classe caractérisée par 8 cas avec des longueurs des pontes comprise entre 25,2 et 31,6mm. La dernière classe se limite à 3 cas seulement avec des longueurs des pontes comprise entre 31,6 et 38mm.

La longueur des pontes issues d'El kala définissent cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 04 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 12 et 18,4 mm. La seconde classe regroupe 5 observations renfermant entre 18,4 et 24,8 mm. La troisième classe regroupe un maximum d'observation soit 19 cas renfermant les longueurs des pontes

comprise entre 24,8 et 31,2mm. La quatrième classe formée par 7 cas ayant des longueurs des pontes comprise entre 31,2 et 37,6mm. La dernière classe se limite à une seule ponte avec une longueur de 44mm.

La longueur des pontes récoltés à Sétif définissent cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 04 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 12,00 à 17,2 mm. La seconde classe regroupe 12 observations renfermant des longueurs comprise entre 17,2 et 22,4mm. La troisième classe regroupe un maximum d'observations, soit 18 pontes, renfermant entre 22,5 et 27,6 mm. La quatrième classe représentée par 11 cas regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 27,6 et 32,8 mm. La dernière classe se limite à 06 pontes dont la longueur des pontes est comprise entre 32,8 et 38,00 mm.

L'analyse fréquentielle des longueurs des pontes en provenance de Thenia el had définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 02 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 8 et 15,2 mm. La seconde classe regroupe 8 observations ayant des longueurs des pontes comprise entre 15,2 et 22,4mm. La troisième classe présente un maximum de cas, soit 16 pontes, renfermant entre 22,4 et 29,6 mm. La quatrième classe note 10 observations ayant des longueurs des pontes comprise entre 29,6 et 36,8mm. La dernière classe se limite à une seule ponte dont la longueur est de 44mm.

A Tlemcen, l'analyse fréquentiel définie quatre classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 06 cas, regroupe les pontes ayant des longueurs comprise entre 13 et 17,75 mm. La seconde classe regroupe un maximum d'observations, soit 9 pontes, renfermant entre 17,75 et 22,5 mm. La troisième classe renferme 4 observations ayant des longueurs des pontes comprise entre 22,5 et 27,25mm. La dernière classe se limite à 01 ponte dont la longueur des pontes est de 32mm.

L'analyse fréquentielle des longueurs des pontes récoltées dans les sites de Senalba et Moudjebara mettent en évidence 5 classes pour les lots récoltés dans les deux sites prospectés.

Les données recueillies mettent en évidence une différence très hautement significative entre les lots testés provenant des deux stations Moudjebara et Senalba. ($p=0,0001$).

2.2. Analyse des effectifs des pontes

Les résultats des dénombrements des œufs par ponte sont regroupés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Analyse descriptive des effectifs des œufs

Station	Effectif	Effectif total des œufs	Moyenne	Valeurs extrêmes	Coef. de variation (%)
Blida	37	6931	187 \pm 35	112-308	18,87
Batna	22	2875	131 \pm 41	60-198	31,34
Chélia	50	9545	191 \pm 47	82-281	24,79
Cherchell	52	9070	174 \pm 43	90-308	24,73
Chréa	26	5745	221 \pm 59	126-342	26,94
El Bayadh	43	6870	160 \pm 52	60-252	32,44
El Kala	36	6665	185 \pm 49	84-308	26,60
Moudjebara	100	12846	121 \pm 38	56-217	31,04
Senalba	100	11307	128 \pm 34	60-210	26,25
Sétif	50	7760	153 \pm 38	84-234	24,79
Thénia El Had	37	6947	188 \pm 51	111-286	27,22
Tlemcen	20	2440	122 \pm 31	72-186	25,55
Total	574	89001	155 \pm 52	56-342	33,05

Au total, les pontes examinées sur les 12 sites contiennent 89001 œufs soit une moyenne de 155 \pm 52 œufs par ponte.

Le nombre d'œufs varie en moyenne entre 121 \pm 38 œufs dans le reboisement de Moudjebara à 221 \pm 59 dans la cédraie de Chréa avec des coefficients de variation respectivement de 31,04% et 26,94%. Les valeurs extrêmes notées sont de 56 œufs pour le matériel biologique récolté dans le reboisement de Moudjebara et de 342 œufs pour la cédraie de Chréa.

Si nous considérons séparément le matériel biologique récolté sur pin d'Alep et sur le cèdre de l'Atlas, l'effectif total des œufs des pontes des populations sur pin d'Alep varie en moyenne de 121 \pm 38 œufs à 187 \pm 35 œufs, respectivement pour le site de Moudjebara et le site de Blida. Les pontes en provenance des cédraies comptent de 188 \pm 51 pour le site de Thénia El Had à 221 \pm 59 œufs pour le site de Chréa. La fécondité de la population évoluant sur cèdre reste la plus conséquente à celle sur pin d'Alep. La plante hôte influence vraisemblablement sur la fécondité des femelles

Sur la base des comptages effectués nous avons procédé à une comparaison des moyennes par Anova pour tirer des informations sur la signification entre les populations considérées (tableau 11).

Tableau 11 : Anova de l'effectif des œufs par pontes

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	608370,	11	55306,4	30,19	0,0001***
Intra-groupes	1,00406E6	548	1832,23		
Total (Corr.)	1,61243E6	559			

Le rapport F, est égal à 30,19 c'est un rapport de l'estimation inter-groupes par rapport à l'estimation intra-groupe. La valeur de la probabilité pour le test F est inférieure à 0,05, il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes l'effectif des œufs d'un niveau de station à l'autre au niveau de confiance de 95,0% (Fig. 37 et 38).

Le tableau 12. Regroupe les étendues multiples entre les stations prospectées.

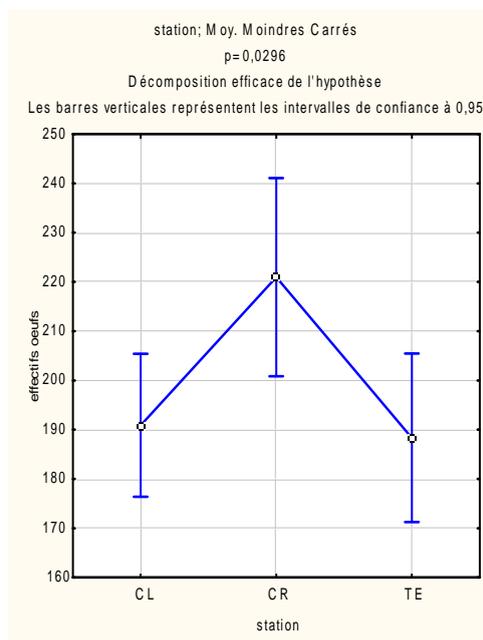


Figure 37 : Comparaison des effectifs moyens des œufs dans les cédraies

Une différence significative est notées entre le nombre d'œufs en provenance des trois cédraies (p=0,029).

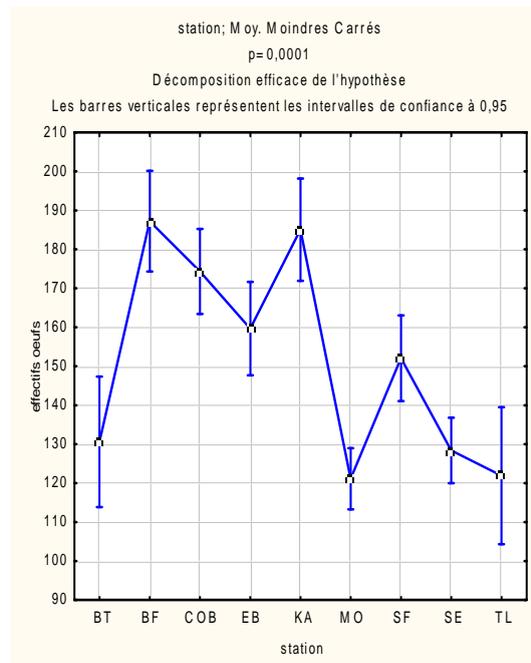


Figure 38 : Comparaison des effectifs moyens des œufs dans les pinèdes

Une différence très hautement significative est notée entre le nombre d'œufs en provenance des 9 stations de pin d'Alep ($p=0,0036$). Dans les sites en questions la fertilité des femelles est très conséquente.

Tableau 12 : Test des étendues multiples pour l'effectif des œufs par ponte par station
Méthode: 95,0 % LSD

Station	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
Moudjebara	100	121	X
Tlemcen	20	122	XX
Senelba	100	128	X
Batna	22	131	X
Sétif	50	153	X
El Bayadh	43	160	XX
Cherchell	52	174	XX
El Kala	36	185	X
Blida	37	187	X
Theniat El Had	37	188	X
Chélia	50	191	X
Chrèa	26	221	X

Six groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X. Dans chaque colonne, les niveaux contenant des X forment un groupe de moyennes à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives. La méthode actuellement utilisée pour discriminer entre les moyennes est la procédure des différences significatives minimales de Fisher (LSD).

Des variations des effectifs des œufs ont été observées au niveau des stations, dont nous avons 6 groupes bien distincts à savoir :

Le premier groupe est formé par 2 stations : Moudjebara, Tlemcen,

Le deuxième groupe est formé par 2 stations : Senalba et Batna

Le troisième groupe est formé par 2 stations: Sétif et El Bayadh

Le quatrième groupe formé par 1 station : Cherchell

Le cinquième groupe formé par 4 stations : El Kala, Blida, Theniat El Had et Chélia

Le sixième groupe formé par 1 station : Chréa.

2.2.1. Comparaison planifiée des effectifs des pontes

Pour plus d'informations, le test LSD a été effectué pour comparer deux à deux les populations considérées dans les biotopes prospectés. La matrice des corrélations le tableau 13 met en évidence les significations possibles.

Tableau 13 : Matrice de signification pour l'effectif des pontes

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}
BT {1}											
BF {2}	0,0001										
COB {3}	0,0001	0,0593									
CL {4}	0,0001	0,6986	0,0511								
CR {5}	0,0001	0,0021	0,0001	0,0036							
EB {6}	0,0093	0,0040	0,0953	0,0004	0,0001						
KA {7}	0,0001	0,8264	0,0460	0,5360	0,0011	0,0085					
MO {8}	0,0450	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001				
SF {9}	0,0484	0,0001	0,0081	0,0001	0,0001	0,3881	0,0004	0,0001			
SE {10}	0,8289	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0425	0,0016		
TE {11}	0,0001	0,9651	0,0458	0,7335	0,0024	0,0035	0,7928	0,0001	0,0001	0,0001	
TL {12}	0,0093	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0011	0,0001	0,9396	0,0074	0,0385	0,0001

La comparaison des œufs des pontes quantifier en provenance de la forêt de Batna (1) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Blida (2) Cherchell (3), Chelia (4), Chréa (5) El Kala (7), Moudjebara (8), Tlemcen (12) et Thenia El Had (11) et hautement significative avec le site d'El Bayadh (6) et significative avec le site de Sétif (9) par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance de la forêt de Batna ne montre pas de différence significative avec le site de Senalba (10).

Dans la forêt de Blida (2), une différence très hautement significative est noté avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8), Senalba (10), Sétif (9) et Tlemcen (12) et hautement significative avec les sites de Chréa (5) et de Cherchell (3), par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance de la forêt de Blida ne montre pas de différence significative avec les sites de Chelia (4), El Kala (7) et Thenia El Had (11).

La pinède de Cherchell (3) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Chréa (5) Moudjebara (8), Senalba (10) et Tlemcen (12) et hautement significative avec le site, Sétif (9) et significative avec les sites de Chelia (4) et El Bayadh (6), Cherchell (3), El Kala (7) et Thenia El Had (11).

La comparaison des œufs des pontes quantifier en provenance de la forêt de Chélia (4) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8), Sétif (9) El Bayadh (6) et Tlemcen (12) et hautement significative avec le site Chréa (5) par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance de la forêt de chélia (4) ne montre pas de différence significative avec les sites El Kala (7) et Thenia El Had (11).

Une différence très hautement significative est noté dans la cédraie de Chréa (5) avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8), Sétif (9) El Bayadh (6) Senalba (10) et Tlemcen (12) et hautement significative avec le site El Kala (7) et Thenia El Had (11).

Le reboisement d'El Bayadh (6) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8) et Senalba (10) et hautement significative avec le site El Kala (7) et Thenia El Had (11) et Tlemcen (12), par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance de la forêt d'El Bayadh (6) ne montre pas de différence significative avec le site de Sétif (9).

Le parc national d'El Kala (7) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Moudjebara (8) et Senalba (10), Tlemcen (12) et

Sétif (9) par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance de la forêt d'El Kala (7) ne montre pas de différence significative avec le site de Thenia El Had (11).

Au niveau du reboisement de Moudjebara (8) une différence très hautement significative est noté avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Sétif (9), Senalba (10) et Thenia El Had (11) par contre la comparaison des œufs des pontes en provenance du reboisement de Moudjebara (8) ne montre pas de différence significative avec le site de Tlemcen (12).

Une différence très hautement significative est observée dans la forêt de Sétif (9) avec les œufs des pontes récoltées dans les sites de Thenia El Had (11) et hautement significative avec le site de Senalba (10) et Tlemcen (12).

La forêt naturelle de Senalba (10) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans le site de Thenia El Had (11) et hautement significative avec le site de Tlemcen (12), et enfin, la comparaison des œufs des pontes quantifiés en provenance de la forêt de Thenia El Had (11) montre une différence très hautement significative avec les œufs des pontes récoltées dans le site de Tlemcen (12).

2.2.2. Analyse fréquentielle des effectifs des œufs dénombrés

La répartition des effectifs des œufs a mis en évidence 5 classes pour les lots récoltés dans 8 sites prospectés à l'exception des sites d'El Kala, Cherrhell, Chréa et Tlemcen qui comptent quatre classes des femelles pondeuses (tableau 14).

Tableau 14 : Analyse fréquentielle des effectifs des œufs

Batna		Blida		Chr�ea	
Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)
60-76	13,63	112-132	2,7	126-170	23,07
76-112	18,18	132-184	48,64	170-240	30,76
112-148	36,36	184-236	40,54	240-310	42,3
148-184	22,72	236-288	5,4	310-342	3,84
184-198	9,09	288-308	2,7		
Chélia		Cherchell		El Bayedh	
Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)
82-112	10	90-130	17,3	60-88	9,3
112-164	16	130-200	61,53	88-136	30,23
164-216	42	200-270	19,23	136-184	30,23
216-268	28	270-308	1,92	184-232	18,6
268-281	4			232-252	11,62
El Kala		Sétif		Thenia El had	
Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)
84-130	16,66	84-98	5,88	111-128	13,51
130-200	38,88	98-138	27,45	128-176	24,32
200-270	41,66	138-174	43,13	176-224	40,54
270-308	2,77	174-212	13,72	224-272	16,21
		212-234	9,8	272-286	5,4
Tlemcen		Senalba		Moudjebara	
Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)	Classes	Taux (%)
72-95	25	60-71	2,27	56-72	1
95-130	30	71-103	28,4	72-114	34
130-165	35	103-135	28,4	114-156	46
165-186	10	135-167	26,13	156-198	17
P= 0,0001***		167-198	11,36	198-217	2
		198-210	3,4		

L'analyse fréquentielle des œufs quantifiés sur les pontes en provenance de la pinède de Batna définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 3 cas, regroupe les pontes ayant entre 36 à 72 œufs. La seconde classe représentée par 4 cas, regroupe les pontes ayant entre 72 à 108 œufs. La troisième classe regroupe un maximum d'observations, soit 15 pontes, renfermant entre 108 et 144 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 144 à 180 œufs avec 5 pontes. La dernière classe se limite à 2 pontes dont le nombre d'œufs est compris entre 180 et 216.

A Blida cinq classes s'ajustant à une loi normale sont définies, la probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 1 cas, regroupe les

pontes ayant entre 104 à 156 œufs. La seconde classe représentée par un maximum d'observation, soit 18 cas, regroupe les pontes ayant entre 156 à 208 œufs. La troisième classe regroupe les pontes ayant 208 à 260 œufs avec 15 observations. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 260 à 312 œufs avec 2 pontes. La dernière classe se limite à 1 ponte dont le nombre d'œufs est compris entre 312 et 364.

Les pontes en provenance de cèdre de Chélia définissent cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 5 cas, regroupe les pontes ayant entre 52 à 104 œufs. La seconde classe représentée par 8 cas, regroupe les pontes ayant entre 104 à 156 œufs. La troisième classe regroupe un maximum d'observations, soit 21 pontes, renfermant entre 156 et 208 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 208 à 260 œufs avec 14 pontes. La dernière classe se limite à 2 pontes dont le nombre d'œufs est compris entre 260 et 312.

Par contre, L'analyse fréquentielle des œufs quantifiés sur les pontes en provenance de la pinède de Cherchell définissent quatre classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 9 cas, regroupe les pontes ayant entre 70 à 140 œufs. La seconde classe représentée par un maximum d'observation, soit 32 cas, regroupe les pontes ayant entre 140 à 210 œufs. La troisième classe regroupe les pontes ayant 210 à 280 œufs avec 10 observations. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 280 à 350 œufs avec 1 ponte.

Le même constat a été obtenue avec les pontes en provenance de la cédraie de Chréa, l'analyse fréquentiel définie quatre classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 6 cas, regroupe les pontes ayant entre 70 à 140 œufs. La seconde La classe regroupe les pontes ayant 140 à 210 œufs avec 8 observations. La troisième classe représentée par un maximum d'observation, soit 11 cas, regroupe les pontes ayant entre 210 à 280 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 280 à 350 œufs avec 1 ponte.

Pour les pontes en provenance de la pinède d'El Bayadh cette même analyse définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 4 cas, regroupe les pontes ayant entre 48 à 96 œufs. La seconde et la troisième classes représentée par 13 cas, regroupe les pontes ayant respectivement entre 96 à 144 et entre 144 à 192. La quatrième classe regroupe les pontes

ayant 192 à 240 œufs avec 8 pontes. La dernière classe se limite à 5 pontes dont le nombre d'œufs est compris entre 240 et 288.

A El Kala, l'analyse fréquentielle des œufs quantifiés définie quatre classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe représentée par 6 cas, regroupe les pontes ayant entre 70 à 140 œufs. La seconde classe regroupe les pontes ayant 140 à 210 œufs avec 14 observations. La troisième classe représentée par un maximum d'observation, soit 15 cas, regroupe les pontes ayant entre 210 à 280 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 280 à 350 œufs.

L'analyse fréquentielle des œufs quantifiés sur les pontes en provenance de la pinède de Sétif définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 3 cas, regroupe les pontes ayant entre 76 à 114 œufs. La seconde classe représentée par 14 cas, regroupe les pontes ayant entre 114 à 152 œufs. La troisième classe regroupe un maximum d'observations, soit 22 pontes, renfermant entre 152 et 190 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 190 à 228 œufs avec 7 pontes. La dernière classe se limite à 5 pontes dont le nombre d'œufs est compris entre 228 et 266.

Les pontes en provenance de la cédraie de Thenia El Had, l'analyse fréquentiel définie cinq classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 5 cas, regroupe les pontes ayant entre 96 à 114 œufs. La seconde classe représentée par 9 cas, regroupe les pontes ayant entre 114 à 192 œufs. La troisième classe regroupe un maximum d'observations, soit 15 pontes, renfermant entre 192 et 240 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 240 à 288 œufs avec 6 pontes. La dernière classe se limite à 2 pontes dont le nombre d'œufs est compris entre 288 et 336.

L'analyse fréquentielle des œufs quantifiés sur les pontes en provenance de la pinède de Tlemcen définie quatre classes s'ajustant à une loi normale. La probabilité calculée est très hautement significative ($p=0,0001$). La première classe, représentée par 5 cas, regroupe les pontes ayant entre 70 à 105 œufs. La seconde La classe regroupe les pontes ayant 105 à 140 œufs avec 7 observations. La troisième classe représentée par 6 observations regroupe les pontes ayant entre 140 à 175 œufs. La quatrième classe regroupe les pontes ayant 175 à 210 œufs avec 2 pontes.

3. Relation entre les longueurs des pontes et le nombre des œufs

Les rapports des analyses croisées entre les longueurs des pontes calculées et le nombre d'œufs sont illustrés dans les figures 39 à 49. Il est à noter qu'au niveau des 11 stations prospectées il y a une relation entre les longueurs et le nombre des œufs à l'exception de la cédraie de Chélia $p=0,2286$.

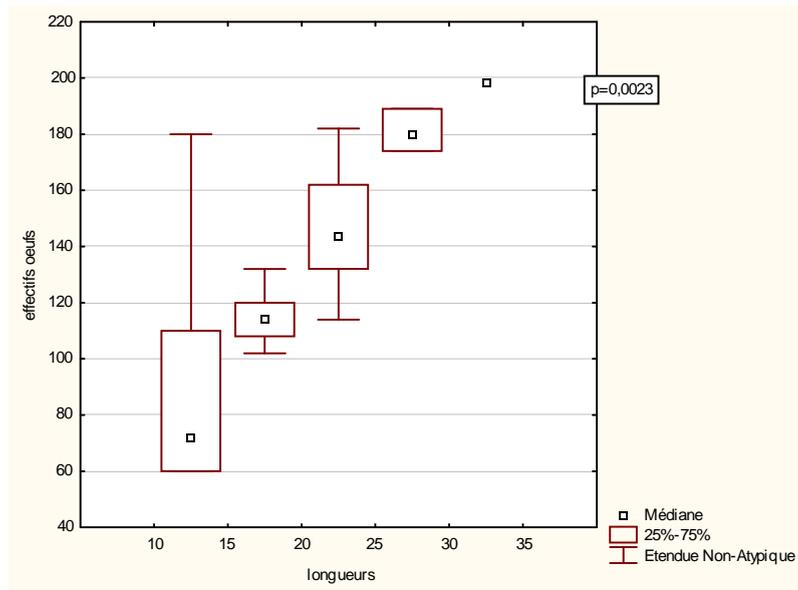


Figure 39 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Batna

En considérant cinq catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d'œufs à Batna, il apparaît qu'à la première catégorie la valeur médiane est de 65 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 10 à 15 mm, une plus grande variabilité allant de 60 à 180 œufs est notée. L'examen de la classe comprise entre 15 et 20 mm met en évidence une valeur médiane de 118 œufs. La troisième classe comprise entre 20 et 25 mm, 50% de l'effectif s'étend entre 130 et 160 œufs avec une variabilité homogène de part de l'étendue. A la quatrième catégorie, représentant des longueurs supérieures à 25 à 30 mm avec une valeur médiane de 180 œufs. La dernière catégorie comprise entre 30 et 35mm avec une valeur médiane qui est de 199 œufs. Les valeurs médianes croissent d'une catégorie de longueurs à l'autre.

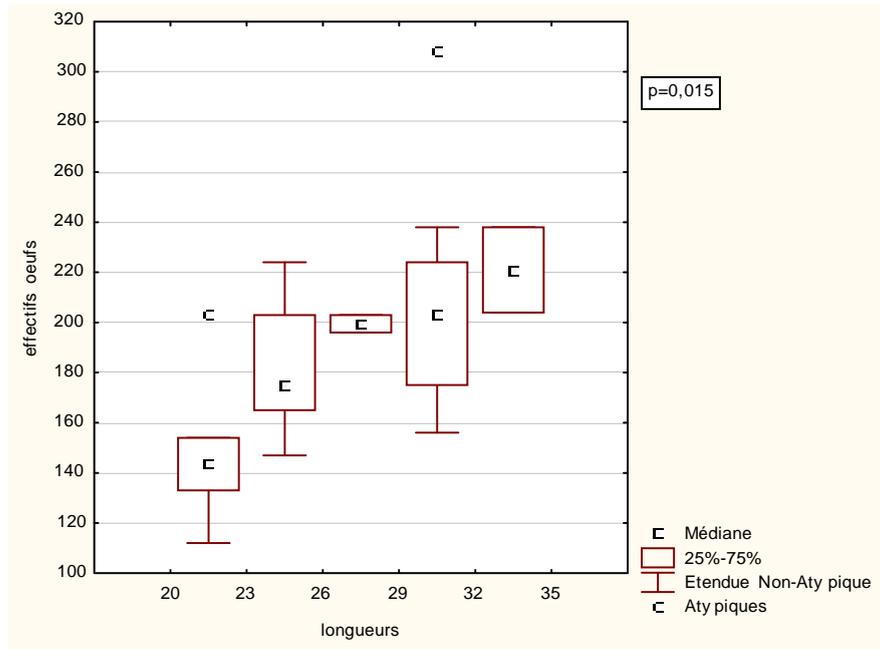


Figure 40 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Blida

Existence de cinq catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs à Blida, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 142 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 20 à 23 mm, avec une valeur atypique de 202 œuf. La deuxième classe comprise entre 23 et 26 mm, 50% de l’effectif s’étend entre 162 et 202 œufs avec une variabilité homogène de part de l’étendue. La troisième catégorie la valeur médiane est de 200 œufs. La quatrième classe comprise entre 29 et 32mm avec des étendues de part et d’autre allant de 158 à 239. L’examen de la classe comprise entre 32 et 35 mm met en évidence une valeur médiane de 220 œufs. Dans ce cas, la répartition des valeurs médianes sont très hétérogène.

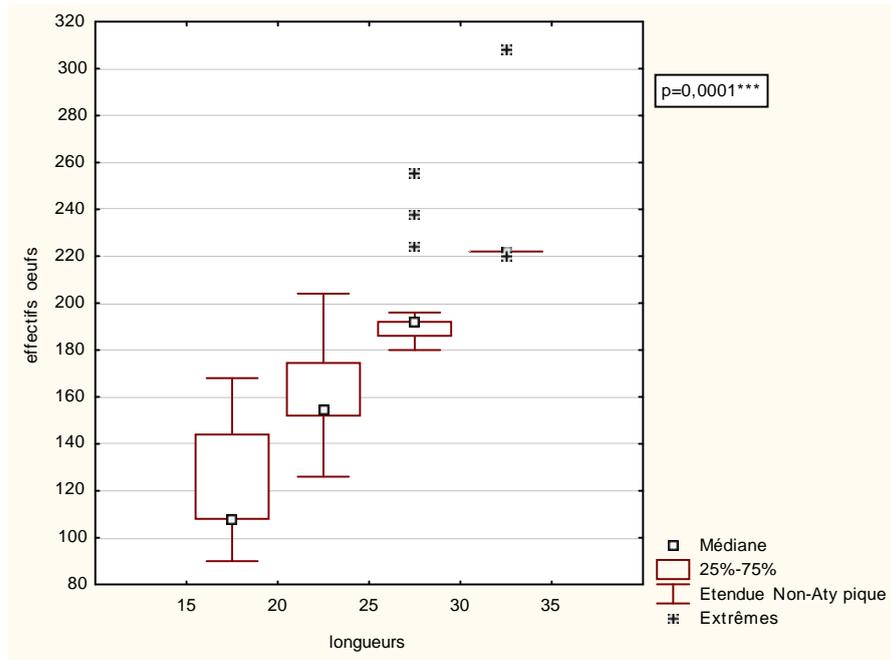


Figure 41 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Cherchell

Présence de quatre catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs à Cherchell, il apparaît qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 110 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 15 à 20 mm, avec des étendue de part et d’autre allant de 90 à 142 œufs. L’examen de la classe comprise entre 20 et 25 mm met en évidence une valeur médiane de 152 œufs avec une variabilité allant de 125 à 222 œufs est notée. A la troisième catégorie, représentant des longueurs comprise entre 25 et 30 mm avec une valeur médiane de 190 œufs plus 3 valeurs extrêmes de 222, 239 et 259 œufs. La quatrième classe comprise entre 30 et 35 œufs avec une valeur extrême 220 œufs.

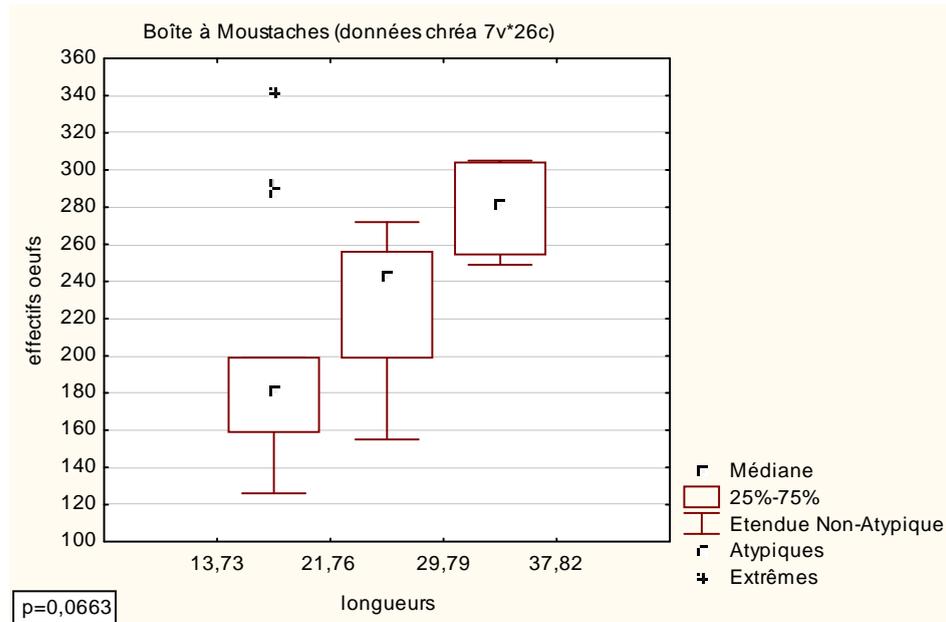


Figure 42 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Chréa

Dans la région de Chréa, présence de trois catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 180 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 13,73 à 21,76 mm, avec une valeur extrême de 340œufs. L’examen de la classe comprise entre 21,67 et 29,79 mm met en évidence une valeur médiane de 242 œufs avec une variabilité allant de 158 à 275 œufs est notée. A la troisième catégorie, représentant des longueurs supérieures à 37,82 mm avec une valeur médiane de 280 œufs.

Les valeurs médianes croissent d’une catégorie de longueurs à l’autre.

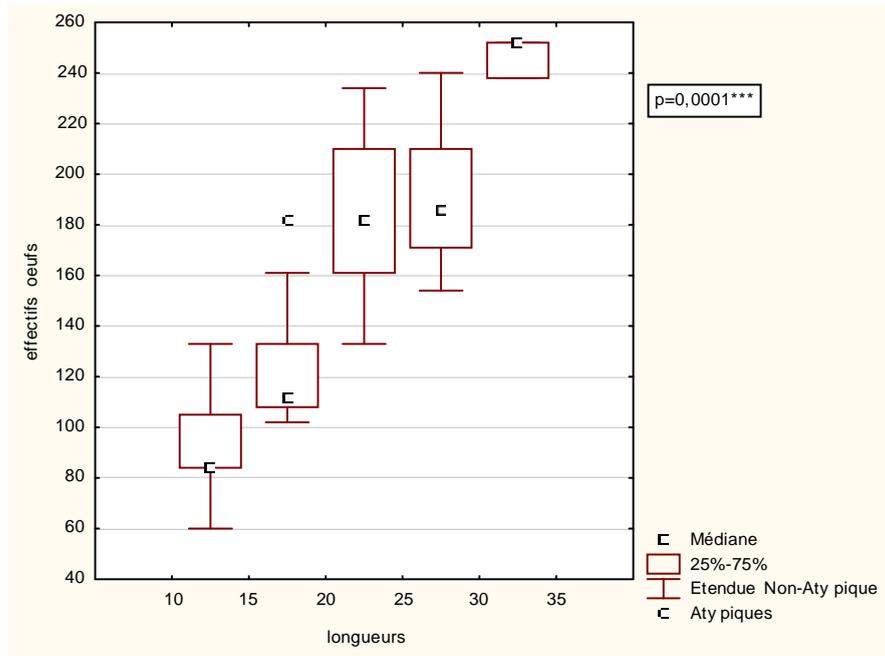


Figure 43 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt d’El Bayedh

A El Bayadh, cinq catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs sont mis en évidence, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 82 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 10 à 15 mm, avec une variabilité allant de 60 à 135œufs. L’examen de la classe comprise entre 15 et 20 mm met en évidence une valeur médiane de 110 œufs avec une variabilité allant de 101 à 161 œufs est notée plus une valeur atypique de 181 œufs. A la troisième catégorie, représentant des longueurs comprises entre à 20 et 25 mm avec une valeur médiane de 180 œufs et une variabilité des étendues allant de 135 à 235 œufs est notée. La quatrième classe comprise entre 25 et 30 mm avec une valeur médiane de 185 œufs avec une variabilité allant de 155 à 240 œufs. La classe comprise entre 30 et 35 mm avec une valeur médiane de 250 œufs.

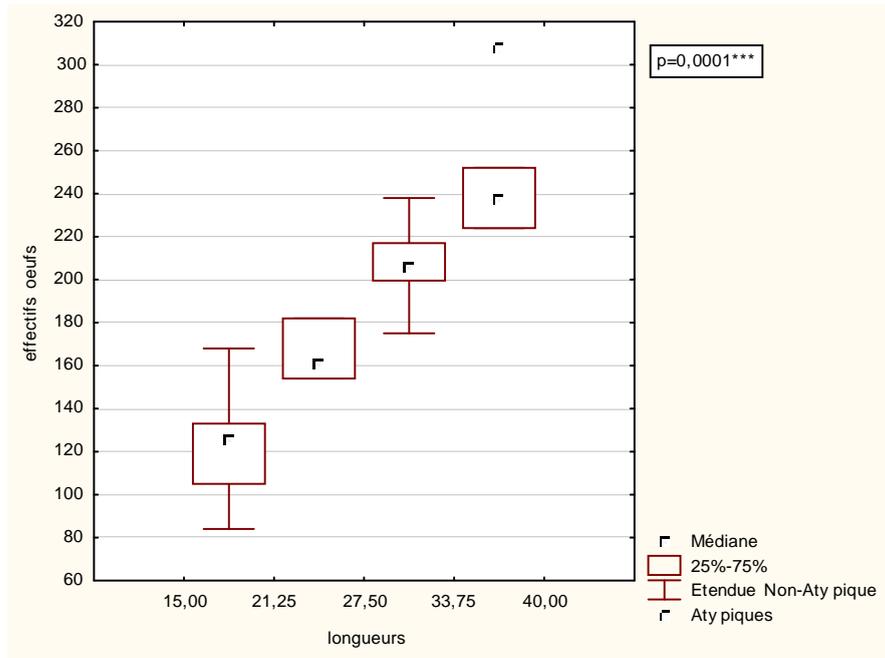


Figure 44 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt d’El Kala

En considérant quatre catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs à El Kala, il apparait qu’à la première catégorie une variabilité allant de 82 à 165 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 15 à 21,25 mm. L’examen de la classe comprise entre 21,25 et 27,50 mm met en évidence une valeur médiane de 160 œufs. La troisième classe comprise entre 27,5 et 33,75 mm présente une variabilité allant de 176 à 240 œufs est notée. A la quatrième catégorie, représentant des longueurs supérieures à 40,00 mm une valeur médiane de 240 œufs.

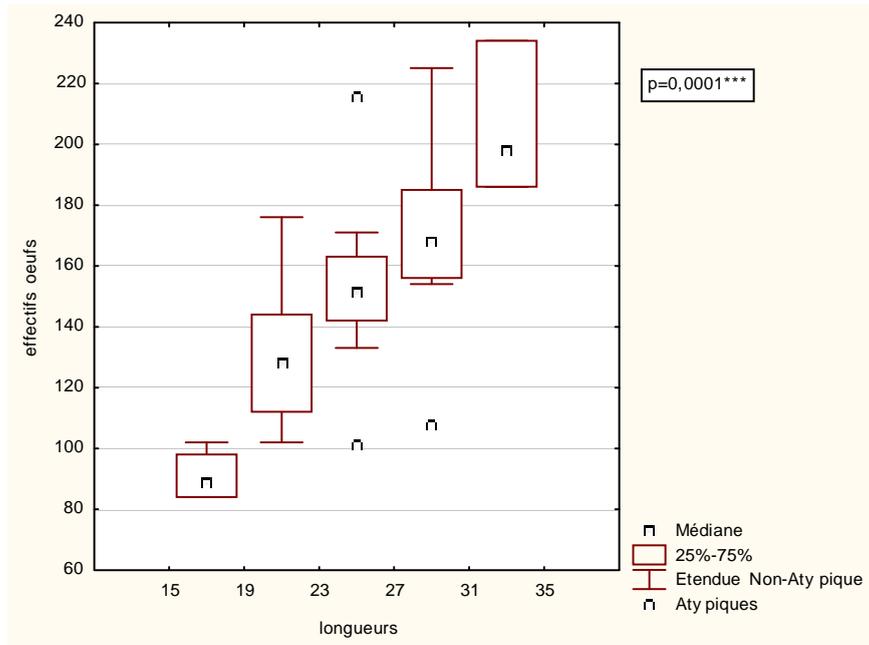


Figure 45 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Sétif

Cinq catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs sont représentées à Sétif, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 85 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 15 à 19 mm. La deuxième classe comprise entre 19 et 23 mm avec une variabilité allant de 101 à 178œufs. L’examen de la classe comprise entre 23 et 27 mm met en évidence une valeur médiane de 150 œufs avec une variabilité allant de 135 à 170 œufs est notée avec deux atypiques de 100 œufs et 218 œufs. A la quatrième catégorie, représentant des longueurs comprises entre 27 et 31 mm avec une valeur médiane de 165 œufs et une plus grande variabilité des étendues allant de 166 à 225 œufs est notée. La cinquième classe supérieure à 35mm avec une valeur médiane de 199 œufs. Les valeurs médianes croissent d’une catégorie de longueurs à l’autre.

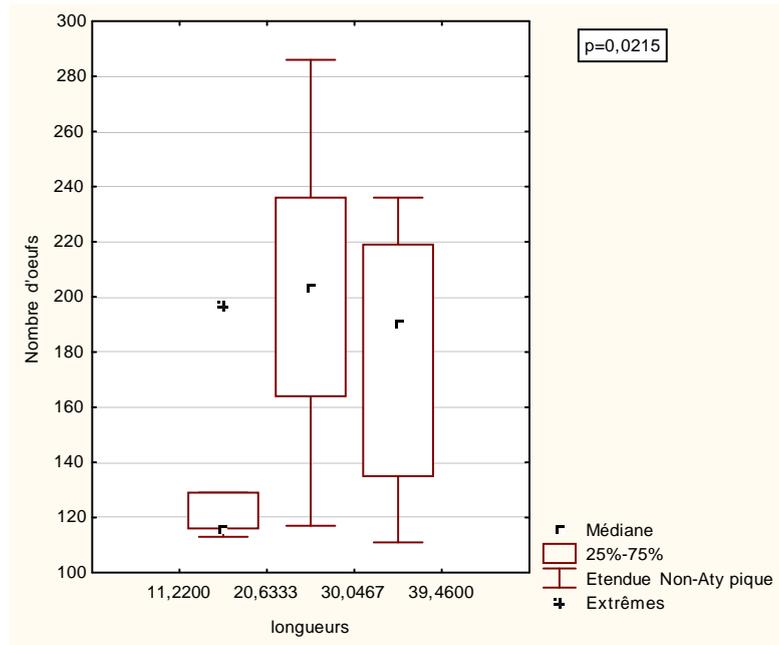


Figure 46 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Theniat El Had

A Theniat El Had, trois catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs sont considéré, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 118 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 11,22 à 20,63 mm, avec une valeur extrême de 219 œufs est notée. L’examen de la classe comprise entre 20,63 et 30,04 mm met en évidence une valeur médiane de 202 œufs avec une plus grande variabilité allant de 119 à 285 œufs. A la troisième catégorie, représentant des longueurs supérieures à 39,46 mm avec une valeur médiane de 190 œufs et une variabilité des étendues allant de 110 à 238 œufs est notée.

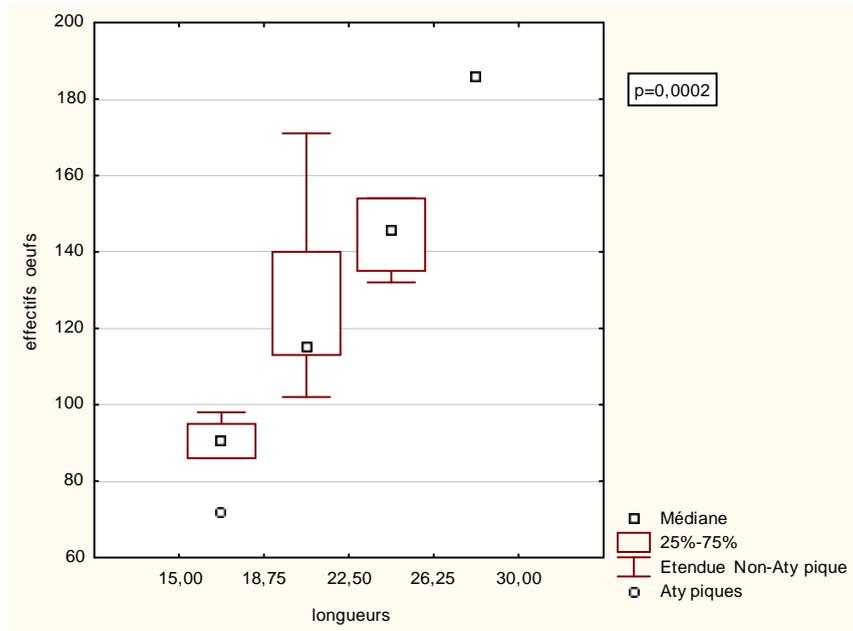


Figure 47 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Tlemcen

En considérant quatre catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs à Tlemcen, il apparait qu’à la première catégorie la valeur médiane est de 90 œufs pour la classe des longueurs des pontes de 15 à 18,75 mm, avec une valeurs atypiques de 70 œufs est notée . L’examen de la classe comprise entre 18,75 et 22,50 mm met en évidence une valeur médiane de 115 œufs avec une variabilité allant de 101 à 170 œufs. A la troisième catégorie, représentant des longueurs comprise entre 22,50 et 26,25 mm avec une valeur médiane de 145 œufs est notée. La quatrième classe met en évidence une valeur médiane de 185 œufs. Les valeurs médianes croissent d’une catégorie de longueurs à l’autre.

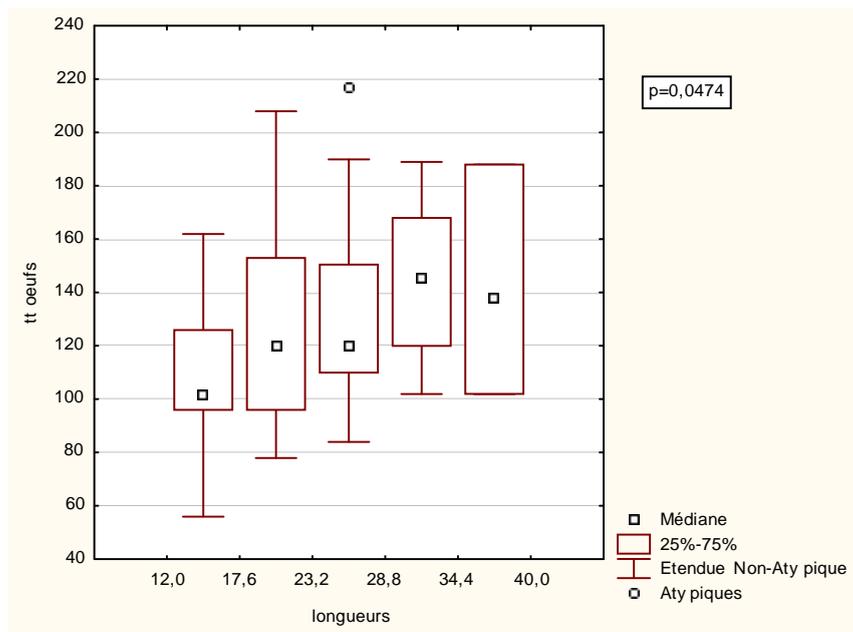


Figure 48 : Distribution du nombre d'œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Moudjebara

Dans le reboisement de Moudjebara, Cinq catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d'œufs sont noté. A la première catégorie la valeur médiane est de 100 œufs pour des pontes de 12 mm. 50% de l'effectif de la classe de 12 à 17,6mm compte de 90 à 155 œufs avec une variabilité de part de l'étendue. L'examen de la classe comprise entre 17,6 et 23,2 mm met en évidence une valeur médiane de 120 œufs. Les longueurs comprises entre 23,2 et 28,8 mm comptent de 110 œufs à 150 œufs. La quatrième catégorie de longueurs comprise entre 28,8et 34,4mm regroupe 120œufs à 170 œufs avec une valeur médiane de 145 œufs, la cinquième classe de longueurs comprise de 34,4 à 40 mm comptes de 100 œufs à 190œufs. Dans ce cas, la répartition des valeurs médianes et de leurs étendues sont plus hétérogène.

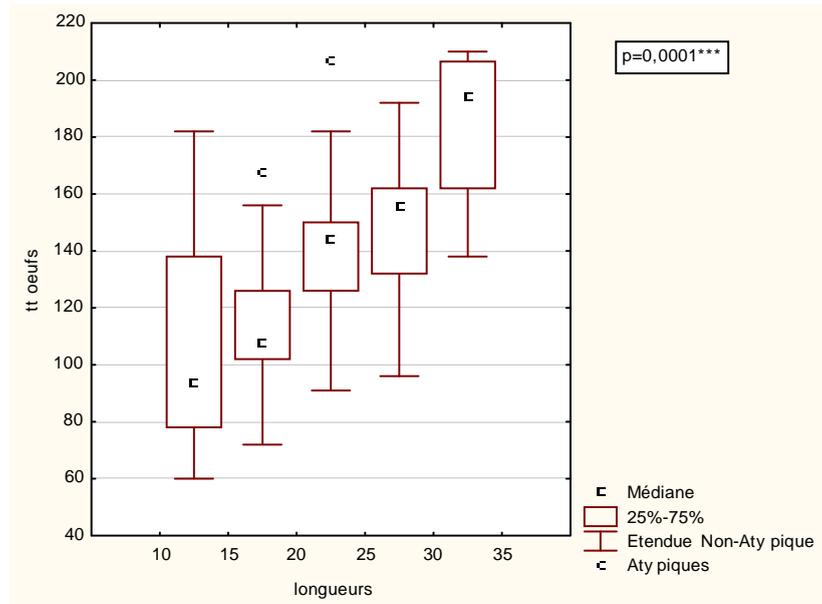


Figure 49 : Distribution du nombre d’œufs en fonction des longueurs des pontes dans la forêt de Senalba

Cinq, catégories de classes de longueurs de pontes en relation avec le nombre d’œufs à Senalba. A la première catégorie la valeur médiane est de 95 œufs pour des pontes de 10 mm. 50% de l’effectif de la classe de 10 à 15 mm compte de 60 à 181 œufs avec une variabilité de part de l’étendue. L’examen de la classe comprise entre 15 et 20 mm met en évidence une valeur médiane de 105 œufs. Les longueurs comprises entre 20 et 25 mm comptent de 90 œufs à 158 œufs. La quatrième catégorie de longueurs comprise entre 25 et 30 mm regroupe 98 œufs à 190 œufs avec une valeur médiane de 158 œufs, la cinquième classe de longueurs comprise de 30 à 35 mm comptes de 139 œufs à 210œufs. La répartition des valeurs médianes et de leurs étendues sont très hétérogène.

3.1. Analyse des categories d’œufs

Au total 561 pontes examinées comptent 89001 œufs. Les résultats sont consignés dans le tableau 15, (Fig. 50).

Tableau 15 : Analyse descriptive des catégories des œufs

Stations	Total	Œufs éclos				Œufs non éclos				Œufs parasités			
	œufs	Effectifs Total	Moyenne	%	Valeurs extrêmes	Effectifs Total	Moyenne	%	Valeurs extrêmes	Effectifs Total	Moyenne	%	Valeurs extrêmes
Batna	2875	2576	117±42	89,6	46-194	65	3±3	2,26	0-11	234	3±4	8,14	0-12
Blida	6931	6530	176±35	94,21	94-283	151	4±6	2,18	0-20	250	7±9	3,61	0-33
Cherchell	9070	8421	163±38	92,84	90-250	31	1±2	0,34	0-6	610	12±22	6,73	0-114
El Kala	6665	6017	167±56	90,28	0-280	208	6±14	3,12	0-80	440	12±15	6,6	0-57
Moudjebara	12846	11638	110±39	90,6	0-187	938	9±29	7,3	0-170	270	3±74	2,1	0-22
Sétif	7760	5361	105±58	69,09	0-217	1863	37±44	24,01	0-153	536	10±10	6,91	0-46
Senelba	11307	9640	110±38	85,26	2-202	1112	13±26	9,83	0-155	555	6±6	4,91	0-24
Theniat El Had	6947	4062	110±55	58,47	3-222	1798	49±35	25,88	0-118	1087	24±25	15,64	0-97
Tlemcen	2440	1511	76±62	61,93	0-182	812	41±59	33,28	0-167	116	6±5	4,75	
El Bayadh	6870	6408	149±48	93,28	41-245	179	4±9	2,61	0-41	283	7±6	4,12	0-39
Chélia	9545	7117	142±56	74,56	8-238	1766	35±30	18,5	0-163	662	8±9	6,93	0-45
Chrèa	5745	3846	149±67	66,95	5-280	1249	48±49	21,74	0-204	610	19±27	10,62	0-97

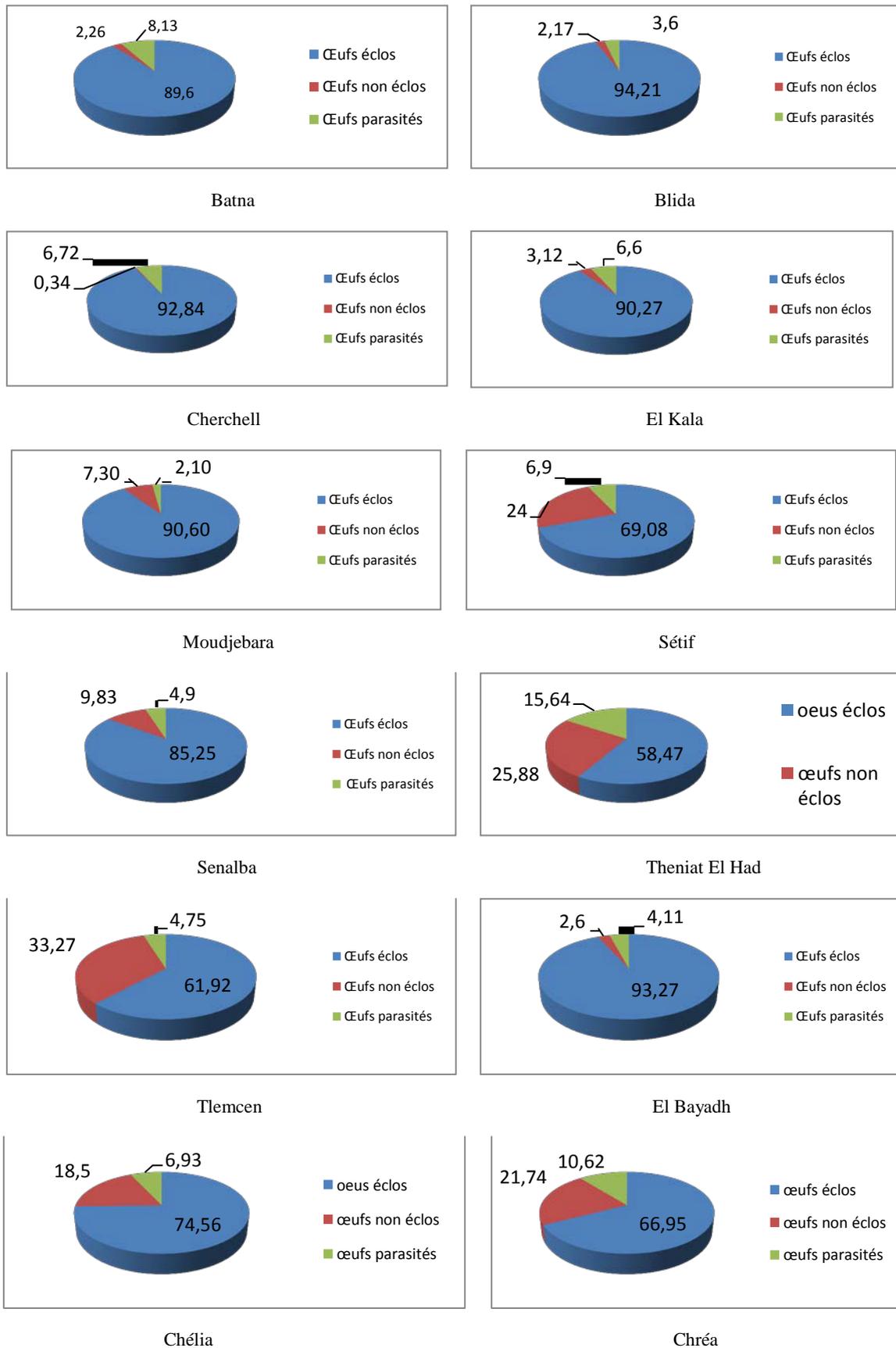


Figure 50 : Pourcentages des catégories d'œufs de *T. pityocampa* dans les 12 sites prospectés

3.2. Analyse des œufs éclos

Le nombre des œufs éclos dans les pinèdes varie en moyenne de 76 ± 62 œufs soit un taux de 61,93% dans la station de Tlemcen à 176 ± 35 œufs dans la pinède de Blida soit un taux de 94,21%.

Le nombre d'œufs éclos dans les cédraies varie en moyenne de 110 ± 55 dans le parc national de Theniat El Had soit un taux de 58,47% à 149 ± 67 au parc national de Chréa avec un taux de 66,67%. Les valeurs extrêmes notées sont de 3 œufs dans le site de Theniat El Had et 280 œufs à Chréa. Il s'avère que le nombre d'œufs éclos dans les pinèdes sont plus conséquent que celle dans les cédraies.

Afin de tirer plus de renseignement sur l'effectifs des œufs éclos une analyse par ANOVA a été réalisé (Tab.16)

Tableau 16 : ANOVA pour les œufs éclos par station

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	1,48169E6	11	134699,	59,82	0,0001
Intra-groupes	1,22941E6	546	2251,66		
Total (Corr.)	2,7111E6	557			

Le rapport F, est égal à 59,82 c'est un rapport de l'estimation inter-groupes par rapport à l'estimation intra-groupes. Comme la valeur de la probabilité pour le test F est inférieure à 0,05, il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes des œufs éclos d'un niveau de station à l'autre au niveau de confiance de 95,0%. Tests des étendues multiples on détermine quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres (Tab.17).

Tableau 17 : Tests des étendues multiples pour les œufs éclos par station

Méthode: 95,0 % LSD

Stations	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
Tlemcen	20	75	X
Sétif	51	105	X
Senalba	100	110	X
Theniat El Had	37	110	X
Moudjebara	100	116	X
Batna	22	117	X
Chélia	50	142	X
El Bayed	43	149	XX
Chrèa	26	149	XX
Cherchel	52	162	XX
El Kala	36	167	XX
Blida	37	176	X

5 groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X. Dans chaque colonne, les niveaux contenant des X forment un groupe de moyennes à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives.

Le premier groupe est formé par la station de Tlemcen seulement, le deuxième groupe également formé par 5 stations qui sont : Sétif, Senalba, Theniat El Had, Moudjebara et Batna, le troisième groupe formé par 3 stations à savoir : Chélia, El Bayed et Chrèa. Le quatrième groupe est formé par 2 stations : Cherchel et El Kala, le cinquième groupe est formé par une seule station qui est Blida.

3.3. Analyse des œufs non éclos

Le nombre d'œufs non éclos varie en moyenne de 1 ± 2 œufs dans le site de Cherchell à 49 ± 35 œufs dans le parc national de Theniat El Had.

Si nous considérons le matériel biologique récolté dans les pinèdes, le nombre d'œufs non éclos varie de 1 ± 2 œufs au niveau de la station de Cherchell à 41 ± 59 œufs non éclos dans le site de Tlemcen. Par contre dans les cédraies le nombre d'œufs non éclos varie de 35 ± 30 dans la forêt de Chélia à 49 ± 35 dans le parc national de Theniat El Had. Nous constatons que le nombre d'œufs non éclos dans les cédraies sont plus conséquent que dans les pinèdes.

Afin de tirer plus de renseignement sur l'effectifs des œufs non éclos une analyse par ANOVA a été réalisé (Tab.18)

Tableau 18 : ANOVA pour les œufs non éclos par station

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	1,12563E6	11	102330,	117,18	0,0001
Intra-groupes	479442,	549	873,3		
Total (Corr.)	1,60507E6	560			

Le tableau d'ANOVA décompose la variance des œufs non éclos en deux composants: un composant inter-groupes et un composant intra-groupes. Le rapport F, qui dans ce cas est égal à 117,18 est un rapport de l'estimation inter-groupes par rapport à l'estimation intra-groupes. Comme la valeur de la probabilité pour le test F est inférieure à 0,05, il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes des œufs non éclos d'un niveau de station à l'autre au niveau de confiance de 95,0%. Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, le test des étendues multiples a été réalisé (Tab. 19).

Tableau 19 : Tests des étendues multiples pour les œufs non éclos par station

Méthode: 95,0 % LSD

Stations	Effectif	Moyenne	Groupe homogène
Cherchell	52	1	X
Batna	22	3	XX
Blida	37	4	XX
El Bayadh	43	4	XX
El Kala	36	6	XX
Moudjebara	100	9	X
Senalba	100	13	X
Chélia	50	35	X
Sétif	51	37	X
Tlemcen	20	41	X
Chrèa	26	48	X
Theniat El Had	37	49	X

3 groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X. Dans chaque colonne, les niveaux contenant des X forment un groupe de moyennes à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives.

Le premier groupe est formé par six stations à savoir : Cherchell, Blida, Batna, El Kala et El Bayadh et Moudjebara. Le deuxième groupe formé par une seule station de Senalba, le troisième groupe est formé par une seule station de Chélia, Sétif, Tlemcen, et Chréa. Le dernier groupe est formé par une seule station de Theniat El Had

3.4. Analyse des œufs parasités

Le nombre d'œuf parasités varient en moyenne de 3 ± 4 œufs dans les sites de Batna et Moudjebara à 24 ± 25 œufs parasités dans le parc national de Theniat El Had.

Le matériel biologique récolté dans les pinèdes compte en moyenne 3 ± 4 œufs parasités dans les deux sites prés cités à 12 ± 22 œufs parasités dans les forêts de Cherchell et El Kala.

Par contre le matériel biologique issu des cédraies, le nombre d'œufs parasités varie de 8 ± 9 œufs à Chélia à 24 ± 25 œufs parasités dans le parc national de Theniat El Had.

Par conséquent les pontes parasitées dans les cédraies sont plus importante que celle parasitées en pinèdes.

Afin de tirer plus de renseignement sur l'effectifs des œufs non éclos une analyse par ANOVA a été réalisé (Tab.20)

Tableau 20 : ANOVA pour les œufs parasités :

Source	Somme des carrés	Ddl	Carré moyen	F	Probabilité
Inter-groupes	16521,2	11	1501,93	8,78	0,0001
Intra-groupes	94083,7	550	171,061		
Total (Corr.)	110605,	561			

Le rapport F, dans ce cas est égal à 8,78006, est un rapport de l'estimation inter-groupes par rapport à l'estimation intra-groupe. Comme la valeur de la probabilité pour le test F est inférieure à 0,05, il y a une différence statistiquement significative entre les moyennes des parasitoïdes d'un niveau de station à l'autre au niveau de confiance de 95,0%. Pour déterminer quelles moyennes sont significativement différentes les unes des autres, le Tests des étendues multiples a été réalisé (Tab. 21).

Tableau 21 : Tests des étendues multiples pour les parasitoïdes

Méthode: 95,0 % LSD

Stations	Effectifs	Moyennes	Groupe homogène
Modjebara	100	3	X
Tlemcen	20	6	XXX
Senalba	100	6	XX
El Bayed	43	7	XXX
Blida	37	7	XXX
Chélia	50	8	XX
Sétif	51	10	XX
Batna	22	11	XX
Cherchell	52	12	X
El Kala	36	12	XX
Chrèa	26	19	XX
Theniat El Had	37	24	X

5 groupes homogènes sont identifiés en utilisant des colonnes de X. Dans chaque colonne, les niveaux contenant des X forment un groupe de moyennes à l'intérieur desquelles il n'y a pas de différences statistiquement significatives.

Durant cette période, des variations des parasites oophages étaient enregistré. Le premier groupe est formé par cinq stations à savoir : Moudjebara, Tlemcen, Senalba, El Bayadh et Blida. Le deuxième groupe formé par trois stations : Chélia, Sétif et Batna. Le troisième groupe est constitué par deux stations qui sont Cherchell et El Kala. Le quatrième groupe est formé par une seule station de Chrèa et le dernier groupe par Theniat El Had.

4. Impact des parasitoïdes de la processionnaire du pin

Le matériel biologique mis en observation a révélé une diversité entomologique embryonnaire de quatre hyménoptères chalcidiens. *Baryscapus servadeii*, *Ooencyrtus pityocampae*, *Anastatus bifasciatus* et *Trichogramma embryophagum* ont été retrouvés dans les douze sites visités. (Tableau 22).

Tableau 22 : Les espèces oophages de la processionnaire du pin et leur importance

Station	Parasites	Nombre de pontes parasitées	Nombre d'œufs parasités	Pourcentage %
Batna	<i>Baryscapus servadeii</i>	21/22	171	2,47
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	12/22	63	2,19
Blida	<i>Baryscapus servadeii</i>	10/37	52	0,75
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	25/37	198	2,86
Cherchell	<i>Baryscapus servadeii</i>	26/52	550	6,06
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	9/52	60	0,66
	<i>Anastatus bifasciatus</i>	1/52	8	0,09
El Kala	<i>Baryscapus servadeii</i>	17/36	148	2,22
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	19/36	292	4,38
Moudjebara	<i>Baryscapus servadeii</i>	63/100	233	1,81
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	13/100	37	0,29
Sétif	<i>Baryscapus servadeii</i>	20/51	82	1,06
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	35/51	454	5,85
Senalba	<i>Baryscapus servadeii</i>	14/100	455	4,02
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	20/100	100	0,88
Tenia El Had	<i>Trichogramma embryophagum</i>	18/37	188	2,71
	<i>Baryscapus servadeii</i>	30/37	791	11,39
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	16/37	108	1,55
Tlemcen	<i>Baryscapus servadeii</i>	11/20	28	1,15
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	20/20	88	3,61
	<i>Anastatus bifasciatus</i>	1/20	1	0,04
El Bayadh	<i>Baryscapus servadeii</i>	37/43	215	3,13
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	19/43	68	0,99
Chélia	<i>Trichogramma embryophagum</i>	32/50	247	2,59
	<i>Baryscapus servadeii</i>	36/50	235	2,46
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	32/50	180	1,89
Chrea	<i>Trichogramma embryophagum</i>	12/26	125	2,18
	<i>Baryscapus servadeii</i>	19/26	429	7,47
	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>	10/26	56	0,97

Dans la pinède de Tlemcen, l'espèce *Baryscapus servadeii*, a parasité 28 œufs appartenant à 11 pontes, soit un taux de 1,15% contre 30 pontes ont été noté soit un total de 791 œufs parasités, ce qui représente un taux de 11,39% à Theniat El Had.

Le nombre d'œufs parasités par cette espèce dans les pinèdes prospectées varie de 28 œufs sur 116 œufs parasités dans la région de Tlemcen à 550 œufs sur 610 œufs parasités dans la forêt de Cherchell soit un taux de 6,06%. Par contre, le matériel biologique récolté dans les cédraies, le nombre d'œufs parasité par l'espèce *Baryscapus servadeii* varie de 235 œufs sur 415 œufs parasités au niveau de la station de Chélia, soit un taux de 2,46% à 791 œufs sur 899 œufs parasités avec un taux de 11,39%. Vraisemblablement cette espèce est plus abondante dans les cédraies que dans les pinèdes.

Le nombre d'œufs parasités par *Ooecyrtus pityocampa* varie de 37 œufs sur 270 œufs parasités soit un taux de 0,29% dans le reboisement de Moudjebara à 454 œufs sur 536 œufs parasités à Sétif soit un taux de 5,85%.

Si nous considérons le matériel biologique séparément, les pontes récoltés en pinèdes qui ont été parasités par cette espèce varie de 37 œufs sur 270 œufs parasités au niveau de Moudjebara à 454 œufs sur 536 œufs parasités à Sétif. Par contre les pontes récoltés dans les cédraies qui ont été parasités par *Ooecyrtus pityocampa* varient de 56 œufs sur 610 œufs à Chréa à 180 œufs sur 415 œufs parasités à Chélia. Nous remarquons que contrairement à l'espèce *Baryscapus servadeii* cette espèce est plus dominante dans les pinèdes que dans les cédraies.

Le *Trichogramma embryophagum* a été observé seulement dans trois sites (Chréa, Theniat El Had et Chélia) avec un taux de parasitisme qui varie en moyenne de 17,29% à 37,31% par contre l'espèce *Anastatus bifasciatus* reste très limité, elle a été observé seulement dans deux stations: la forêt de Si Moussa (Cherchell) et dans le parc national de Tlemcen avec un taux qui ne dépasse pas 1% (Fig. 51).

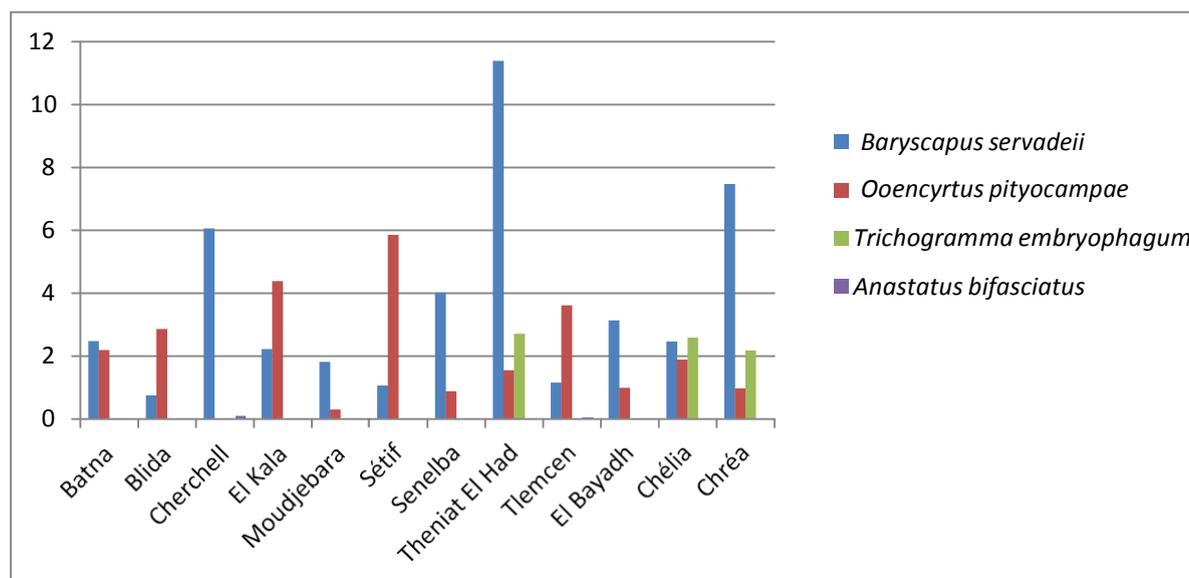


Figure 51 : Taux de parasitisme des quatre espèces oophage

5. Longévité des parasitoïdes

5.1. *Baryscapus servadeii*

Tableau 23. Illustre les résultats des tests de longévité de *Baryscapus servadeii* dans les conditions expérimentales.

Tableau 23 : Taux de mortalité enregistrée pour l'espèce *Baryscapus servadeii*

Stations	El Bayadh		Theniat El Had		El Kala		Cherchell		Moudjebara		Senalba	
	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
01-07	18	6,98	8	4,62	4	1,44	22	3,86	10	3,01	9	2,88
08-14	20	7,75	10	5,78	16	5,78	17	2,98	25	7,53	20	6,45
15-21	19	7,36	15	8,67	50	18,05	38	6,67	36	10,84	48	15,38
22-28	58	22,48	54	31,21	68	24,55	90	15,79	66	19,88	62	19,87
29-35	40	15,5	20	11,56	32	11,55	85	14,91	50	15,06	45	14,42
36-42	35	13,57	15	8,67	25	9,03	65	11,4	45	13,55	40	12,82
43-49	22	8,53	12	6,94	20	7,22	58	10,18	40	12,05	32	10,26
50-56	16	6,2	12	6,94	18	6,5	49	8,6	20	6,02	18	5,77
57-63	12	4,65	10	5,78	15	5,42	40	7,02	13	3,92	16	5,13
64-70	8	3,1	8	4,62	12	4,33	39	6,84	10	3,01	9	2,88
71-77	4	1,55	7	4,05	10	3,61	37	6,49	8	2,41	7	2,24
78-84	3	1,16	1	0,58	6	2,17	25	4,39	6	1,81	4	1,28
85-91	3	1,16	1	0,58	1	0,36	5	0,88	3	0,9	2	0,64

Dans les conditions de température de $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative de $60\pm 5\%$, la longévité de l'espèce *Baryscapus servadeii* varie de 1 à 91 jours. Une longévité maximale des individus est constatée entre 21 et 42 jours. Cette tranche représente plus de 59% des individus testés dans les stations appartenant aux étages bioclimatiques humides, sub humide et semi aride, dans la station de Cherchell, les résultats du test montrent une durée de vie qui se concentrent avec des taux légèrement supérieurs, celui ci passe de 49% pour la classe allant de 21 à 42 jours à 62% pour la classe allant de 21 à 49 jours.

5.2. *Ooencyrtus pityocampae*

Les résultats des tests de longévité des *Ooencyrtus* sont consignés dans le tableau

Tableau 24 : Taux de mortalité enregistrée pour l'espèce *Ooencyrtus pityocampae*

Stations	El Bayadh		Theniat El Had		El Kala		Cherchell		Moudjebara		Senalba	
	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%	Eff.	%
01-07	25	19,4	18	14,4	16	9,58	12	9,3	17	11,2	15	9,32
08-14	52	40,3	58	46,4	65	38,9	54	41,9	62	40,8	65	40,4
15-21	34	26,4	39	31,2	46	27,5	36	27,9	39	25,7	45	28
22-28	8	6,2	6	4,8	34	20,4	19	14,7	26	15,1	27	16,8
29-35	10	7,75	4	3,2	6	3,59	8	6,2	11	7,24	9	5,59

Dans les mêmes conditions de température et d'humidité, la longévité de *Ooencyrtus pityocampae* s'étale sur une période de 35 jours. Des résultats comparables sont notés pour les 6 stations étudiées (El Baydh, Theniat El Had, El Kala, Cherchell, Moudjebara et Senalba). La longévité maximale de cette espèce est observée entre 8 et 21 jours pour plus de 66% des individus soumis au test. La longévité de *Baryscapus servadeii* est plus prolongée que celle de *Ooencyrtus pityocampae*.

6. Analyse des émergences des espèces oophages

6.1. Fréquence de présence des parasitoïdes

Il est important de souligner qu'une ponte peut être parasitée, par une, deux ou trois espèces simultanément. Toutes les combinaisons sont notées dans notre expérimentation. (Tableau de 25 à 36)

6.1.1. Cas de la pinède de Batna

Tableau 25 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Batna

Station	Batna		
Effectifs des pontes	22		
Effectifs des pontes non parasités	0		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocamp</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocamp</i>
Effectifs des pontes parasités	21	12	11
Fréquence de présence %	47,72	27,27	25

Sur un lot de 22 pontes examinées, on note un taux de 100% de parasitisme. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 25%, avec une dominance de l'espèce *Baryscapus servadeii*, représentant un taux 47,72% de l'effectif global. La fréquence de présence d'*Ooencyrtus pityocampa* s'élève à 27,27%.

6.1.2. Cas de la pinède de Blida

Tableau 26 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Blida

Station	Blida		
Effectifs des pontes	37		
Effectifs des pontes non parasités	10		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocamp</i>
Effectifs des pontes parasités	10	25	8
Fréquence de présence %	23,25	58,13	18,6

Sur un lot de 37 pontes mis en observation, 10 n'ont pas donné d'émergence de parasitoïdes. Le taux de parasitisme s'élève 72,97% de présence d'un parasite au moins dans le matériel biologique pris en considération. Parmi les antagonistes les plus fréquents qui ont émergé *Ooencyrtus pityocampae* occupe un pourcentage de 58,13%. La combinaison des deux

parasitoïdes occupe une faible fréquence, soit 18,60%. Cependant la présence de *Baryscapus servadeii* est notée soit 23,25%.

6.1.3. Cas de la pinède de Cherchell

Tableau 27 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Cherchell

Station	Cherchell			
Effectifs des pontes	52			
Effectifs des pontes non parasités	23			
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>A. bifasciatus</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	26	9	1	6
Fréquence de présence %	61,90	21,42	2,38	14,28

Sur un lot de 52 pontes mis en observation, 23 n'ont pas donné d'émergence de parasitoïdes. Le taux de parasitisme s'élève 55,76% de présence d'un parasite au moins dans le matériel biologique pris en considération. Parmi les antagonistes les plus fréquents qui ont émergé *Baryscapus servadeii* occupe un pourcentage de 61,90%. La combinaison des deux parasitoïdes occupe un taux de 14,28%. La fréquence de présence d'*O. pityocampa* seul est de 21,42%.

Il est important de signaler la présence d'une troisième espèce, *Anastatus bifasciatus*. Un effectif de 8 individus a émergé uniquement d'une seule ponte récoltée dans ce site soit 2,38%.

6.1.4. Cas de la cédraie de Chélia

Tableau 28 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Chélia

Station	Chélia						
Ef des pontes	50						
Ef des pontes non parasités	10						
Espèce	<i>B.servadeii</i>	<i>O.pityocampa</i>	<i>T.embryophagum</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O.pityocampa</i> + <i>T.embryophagum</i>	<i>O. pityocampa</i> + <i>T.embryophagum</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>T.embryophagum</i>
Ef des pontes parasités	36	32	32	27	19	2	4
Fréquence de présence %	23,68	21,05	21,05	17,76	12,5	1,31	2,63

Sur 50 pontes mis en observation, 10 n'ont pas été parasitées, soit un taux calculé de 80% des pontes ont donné au moins un parasite. Il est important de souligner que le pourcentage représente les pontes qui ont subi un parasitisme. Dans le matériel biologique examiné, à savoir *B. servadeii*, *O. pityocampa* et *T. embryophagum*, il existe des pontes qui sont moyennement attaquées, respectivement 23,68%, 21,05% et 21,05%.

Les combinaisons de la présence des trois parasitoïdes sont notées sur le matériel biologique examiné avec une dominance de l'espèce *Baryscapus servadeii*, représentant un taux 23,68% de l'effectif global. La fréquence de présence de *B. servadeii* et *O. pityocampa* s'élève à 17,76%. Les autres combinaisons de présence se limitent entre 1,31 et 2,63% Les extrémités des pontes sont les plus recherchées par les parasitoïdes identifiés.

6.1.5. Cas de la cédraie de Chréa

Tableau 29 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Chréa

Station	Chréa					
Ef des pontes	26					
Ef des pontes non parasités	5					
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>T. embryophagum</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>O.pityocampa</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>O.pityocampa</i> + <i>T.embryophagum</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>T.embryophagum</i>
Ef des pontes parasités	19	10	12	8	7	4
Fréquence de présence %	31,66	16,66	20	13,33	11,66	6,66

Sur 26 pontes mis en observation, 5 n'ont pas été parasitées, soit un taux calculé de 80,76% des pontes ont donné au moins un parasite. Il est important de souligner que le pourcentage représente les pontes qui ont subi un parasitisme. Dans le matériel biologique examiné, il existe des pontes qui sont plus attaquées que d'autres.

Les combinaisons de la présence des trois parasitoïdes sont notées sur le matériel biologique examiné avec une dominance de l'espèce *Baryscapus servadeii*, représentant un taux 31,66% de l'effectif global. La fréquence de présence de *B. servadeii* et *T. embryophagum* s'élève à 6,66%. Les autres combinaisons de présence se limitent entre 13,33 et 11,66% Cependant

seule la variante *O. pityocampae* avec *T.embryophagum* n'a pas été notée. Les extrémités des pontes sont les plus recherchées par les parasitoïdes identifiés. Sur la base de ces résultats, il est important de souligner que les parasitoïdes, *O.pityocampa* et *T.embryophagum* semblent se reconnaître pour ne pas rentrer en compétition spécifique. Ces antagonistes semblent reconnaître les œufs parasités.

6.1.6. Cas de la cédraie de Theniat El Had

Tableau 30 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Theniat El Had

Station	Theniat El Had					
Ef des pontes	37					
Ef des pontes non parasités	5					
Espèce	<i>B.servadeii</i>	<i>O.pityocampa</i>	<i>T.embryophagum</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>O.pityocampa</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>O.pityocampa</i> + <i>T.embryophagum</i>	<i>B.servadeii</i> + <i>T.embryophagum</i>
Ef des pontes parasités	30	16	18	12	10	6
Fréquence de présence %	32,6	17,39	19,56	13,04	10,86	6,52

Sur 37 pontes mis en observation, 5 pontes seulement ne renferment pas de parasitoïdes, soit un taux calculé de 86,48% des pontes ont donné au moins un parasite. Il est important de souligner que le pourcentage représente les pontes qui ont subi un parasitisme. Dans le matériel biologique examiné, il existe des pontes qui sont fortement attaquées, d'autres moyennement attaquées.

Les combinaisons de la présence des trois parasitoïdes sont notées sur le matériel biologique examiné avec une dominance de l'espèce *Baryscapus servadeii*, représentant un taux 32,60% de l'effectif global. La fréquence de présence de *B. servadeii* et *T. embryophagum* s'élève à 6,52%. Les autres combinaisons de présence se limitent entre 13,04 et 10,86% Cependant seule la variante *O. pityocampae* avec *T.embryophagum* n'a pas été notée. Les extrémités des pontes sont les plus recherchées par les parasitoïdes identifiés. Sur la base de ces résultats, il est important de souligner que les parasitoïdes, *O.pityocampa* et *T.embryophagum* semblent se reconnaître pour ne pas rentrer en compétition spécifique. Ces antagonistes semblent reconnaître les œufs parasités.

6.1.7. Cas de la pinède de d'El Kala

Tableau 31 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à El Kala

Station	El Kala		
Effectifs des pontes	36		
Effectifs des pontes non parasités	13		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	17	19	13
Fréquence de présence %	34,69	38,77	26,53

Sur un lot de 36 pontes, 13 pontes seulement ne renferment pas de parasitoïdes. On note que *O.pityocampae* l'espèce la plus commune avec une fréquence de présence de 38,77 %. *B.servadeii* occupe le second rang avec une fréquence de 34,69%. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 26,53%.

6.1.8. Cas du reboisement de Moudjebara

Tableau 32 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Moudjebara

Station	Moudjebara		
Effectifs des pontes	100		
Effectifs des pontes non parasités	29		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	61	13	5
Fréquence de présence %	77,21	16,45	6,32

Sur un lot de 100 pontes, 29 pontes seulement ne renferment pas de parasitoïdes soit un taux de 71% de parasitisme. Contrairement au site précédent, on note que *B.servadeii* est l'espèce

la plus commune avec une fréquence de présence de 77,21 % et *O.pityocampae* occupe le second rang avec une fréquence de 16,45%. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 6,32%.

6.1.9. Cas de la pinède de Sétif

Tableau 33 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Sétif

Station	Sétif		
Effectifs des pontes	51		
Effectifs des pontes non parasités	8		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	20	35	12
Fréquence de présence %	29,85	52,23	17,91

Sur un lot de 51 pontes, 8 pontes seulement ne renferment pas de parasitoïdes. Comme pour le site d'El Kala, on note que *O.pityocampae* l'espèce la plus commune avec une fréquence de présence de 52,23 %. *B.servadeii* occupe le second rang avec une fréquence de 29,85%. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 17,91%.

6.1.10. Cas de la forêt naturelle de Senalba

Tableau 34 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Senalba

Station	Senalba		
Effectifs des pontes	100		
Effectifs des pontes non parasités	8		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	74	20	14
Fréquence de présence %	68,51	18,51	12,96

Sur un lot de 100 pontes, 8 pontes seulement ne renferment pas de parasitoïdes soit un taux de 92% de parasitisme. Comme pour le site de Moudjebara, on note que *B.servadeii* l'espèce la plus commune avec une fréquence de présence de 68,51 % et *O.pityocampae* occupe le

second rang avec une fréquence de 18,51%. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 12,96%.

6.1.11. Cas du reboisement d'El Bayadh

Tableau 35 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à El Bayadh

Station	El Bayadh		
Effectifs des pontes	43		
Effectifs des pontes non parasités	1		
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>
Effectifs des pontes parasités	37	19	14
Fréquence de présence %	52,85	27,14	20

Sur un lot de 43 pontes, 1 seule ponte seulement ne renferme pas de parasitoïdes. Comme pour le site de Moudjebara et Senalba on note que *B.servadeii* l'espèce la plus commune avec une fréquence de présence de 52,85 % et *O.pityocampae* occupe le second rang avec une fréquence de 27,14%. La combinaison de *B.servadeii* et *O.pityocampae* occupe 20%.

6.1.12. Cas de la pinède de Tlemcen

Tableau 36 : Fréquence de parasitisme des pontes par les espèces répertoriées à Tlemcen

Station	Tlemcen			
Effectifs des pontes	20			
Effectifs des pontes non parasités	0			
Espèce	<i>B. servadeii</i>	<i>O. pityocampa</i>	<i>B. servadeii</i> + <i>O. pityocampa</i>	<i>A. bifasciatus.</i>
Effectifs des pontes parasités	11	20	11	1
Fréquence de présence %	25,58	46,51	25,58	2,32

Sur un lot de 20 pontes mis en observation, 100% de parasitoïdes ont émergé. Parmi les antagonistes les plus fréquents qui ont émergé *O. pityocampa* occupe un pourcentage de 46,51%. *Baryscapus servadeii* vient après avec un taux de 25,58%. La combinaison des deux parasitoïdes occupe également un taux de 25,58%.

Il est important de signaler la présence d'une troisième espèce, *Anastatus bifasciatus*. Un effectif d'un individu a émergé uniquement d'une seule ponte récoltée dans ce site.

7. Chronologie des émergences des espèces actives selon les régions

7.1. Emergence de *Baryscapus servadeii*

7.1.1. Cas de la pinède de Batna

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur une population de 22 pontes est représenté par la figure 52.

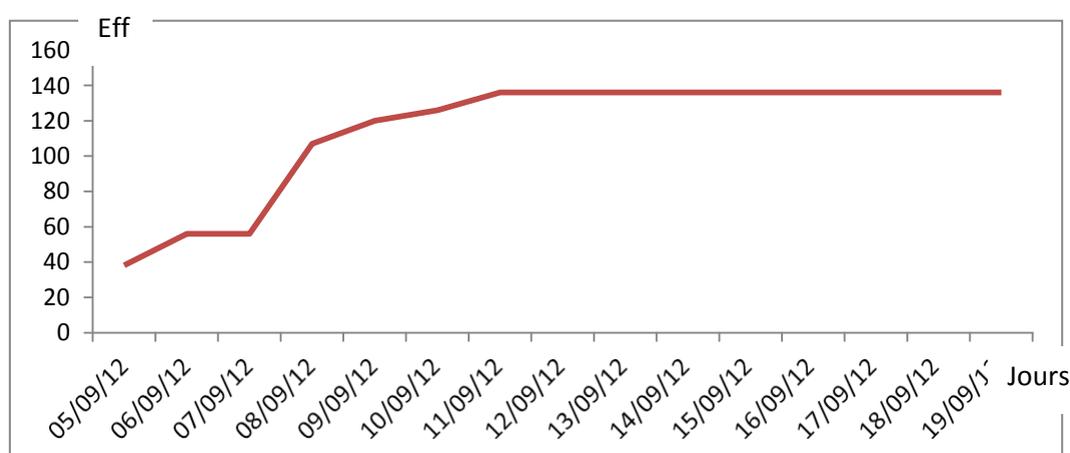


Figure 52 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède de Batna, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la première semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 6 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 8 septembre 2012.

7.1.2. Cas de la pinède de Blida

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur une population de 37 pontes est représenté par la figure 53.

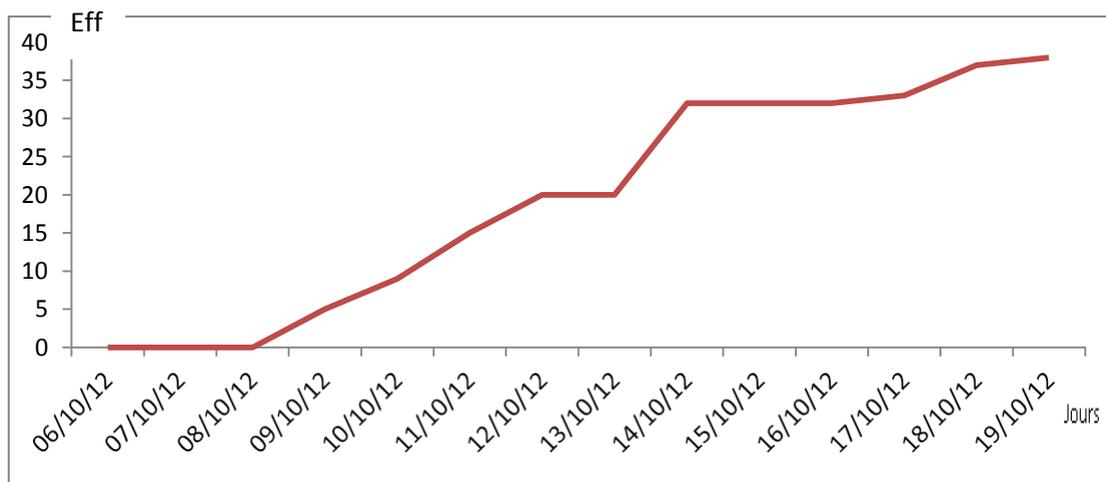


Figure 53 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède de Blida, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la deuxième semaine du mois d'octobre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 8 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 12 octobre 2012.

7.1.3. Cas de la pinède de Cherchell

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur une population de 22 pontes est représenté par la figure 54.

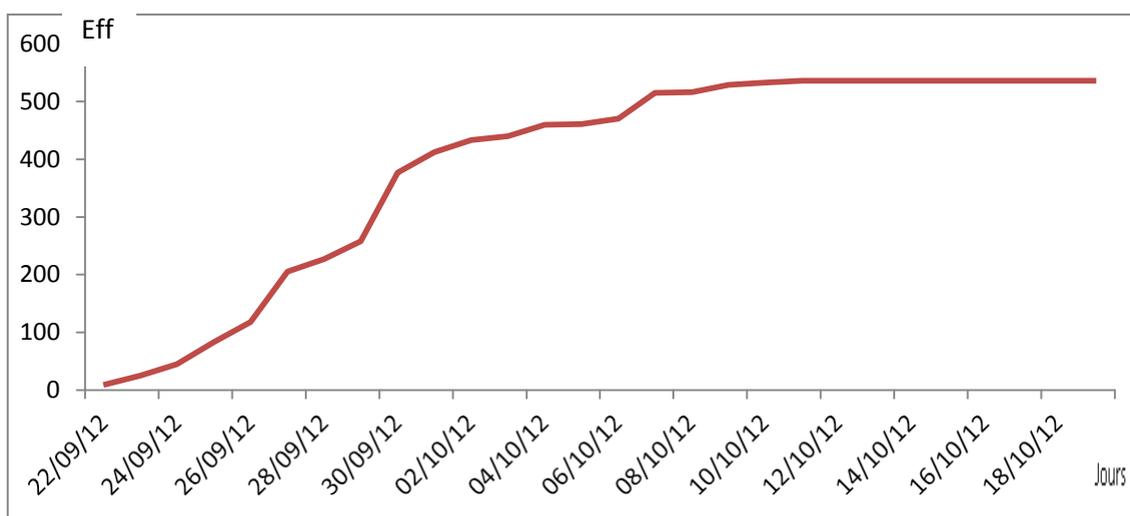


Figure 54 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède de Cherchell, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la quatrième semaine du mois de

septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 20 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 30 septembre 2012.

7.1.4. Cas de la cédraie de Chréa

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur une population de 26 pontes est représenté par la figure 55.

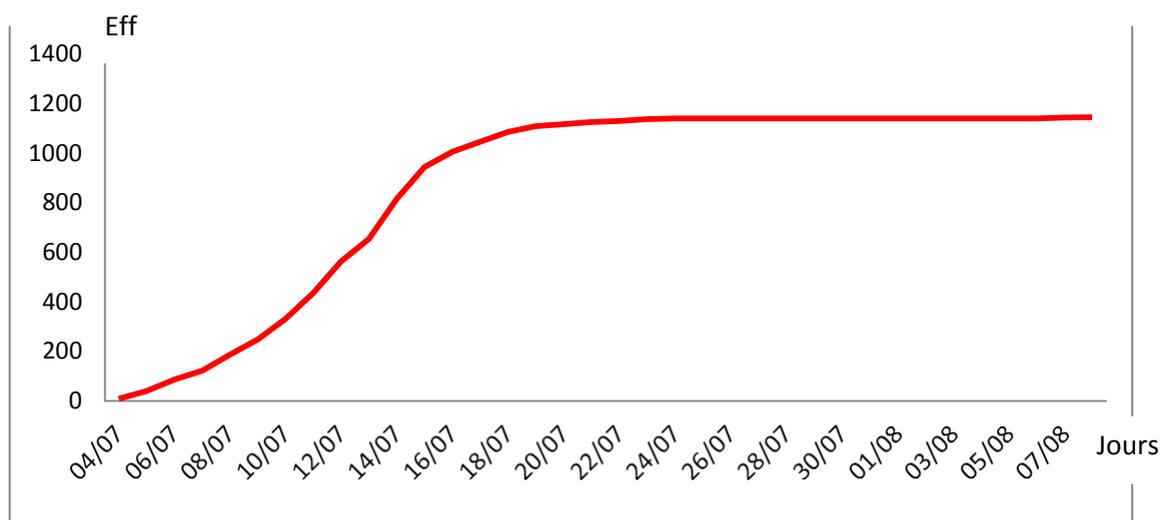


Figure 55 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la cédraie de Chréa, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la première semaine du mois de juillet 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 36 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 12 juillet 2012.

7.1.5. Cas de la cédraie de Chelia

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur une population de 50 pontes est représenté par la figure 56.

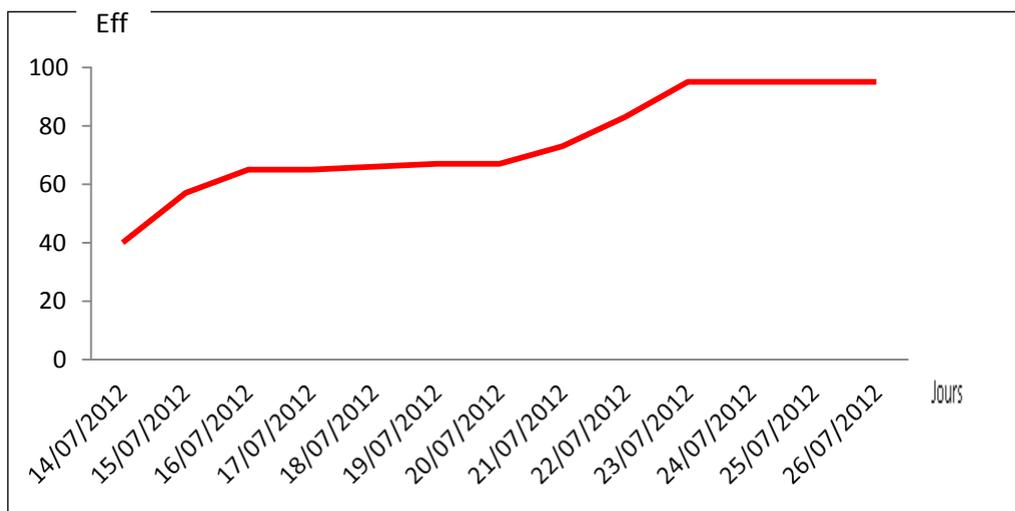


Figure 56 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

D'après le graphe ci-dessus, on note que l'espèce *Baryscapus servadeii* émergé avec un faible nombre relativement à la station de chréa. Les émergences se sont effectuées de la deuxième semaine du mois de juillet 2012 et se sont échelonnées pendant 14 jours. On comparaison avec les données prélevées sur la population précédente de Chréa, il ressort que les émergences sont plus tardives et plus limitées dans le temps à Chelia.

La date de calage (50% de l'émergence) a été enregistrée le 15 juillet 2012.

7.1.6. Cas de la cédraie de Theniet El-had

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 37 pontes est représenté par la figure 57.

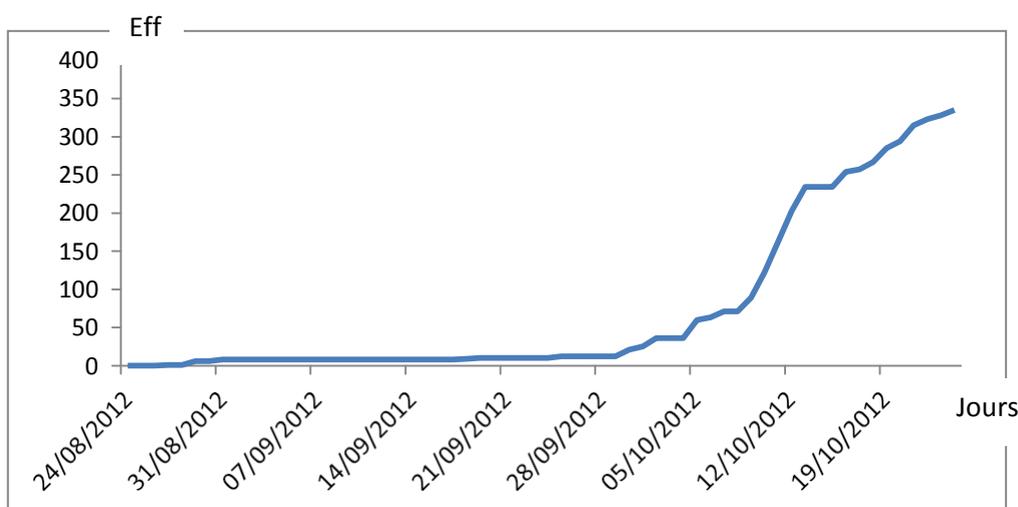


Figure 57 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

Les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* dans la région de Theniet El-Had ont été notés à partir de la quatrième semaine du mois d'août 2012 avec un très faible nombre. C'est à partir du 3 octobre que la population s'est manifestée significativement. Il est possible que de rares individus soient sortis avant la récolte tardive de notre matériel biologique. Malgré ce retard un grand nombre d'individus ont émergé et accusent un retard dans leur émergence qui s'est échelonnée jusqu'à la fin du mois d'octobre. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 12 octobre 2012.

7.1.7. Cas de la pinède d'El Kala

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 36 pontes est représenté par la figure 58.

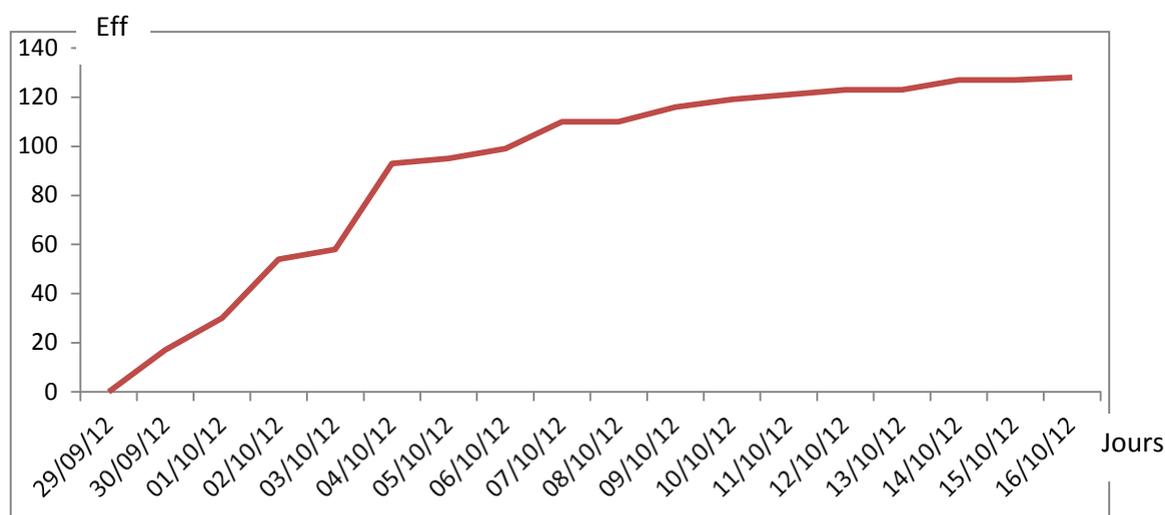


Figure 58 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède d'El Kala, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la quatrième semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 14 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 04 octobre 2012.

7.1.8. Cas du reboisement de Moudjebara

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 100 pontes est représenté par la figure 59.

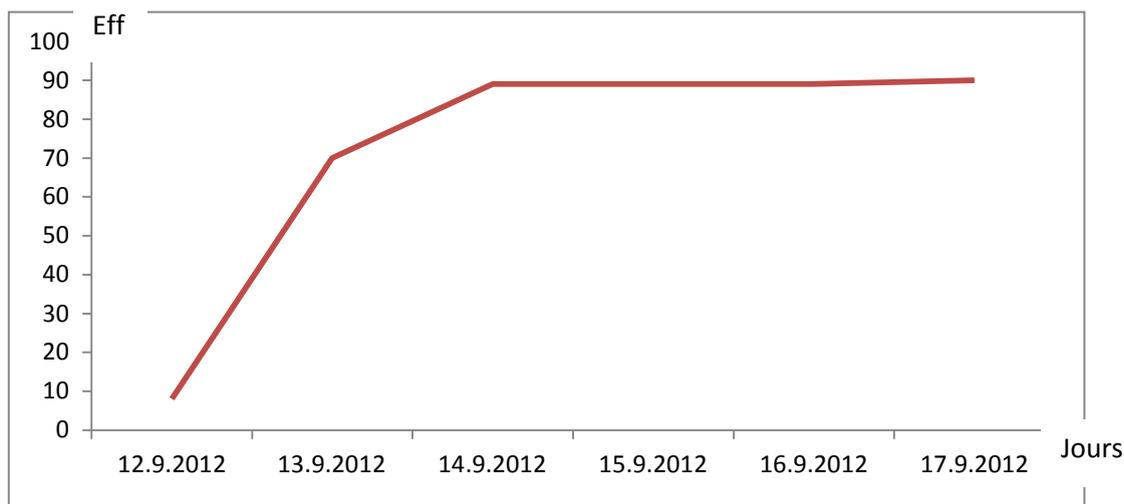


Figure 59 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance du reboisement de Moudjebara, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la deuxième semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 6 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 13 septembre 2012.

7.1.9. Cas de la forêt naturelle de Senalba

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 100 pontes est représenté par la figure 60.

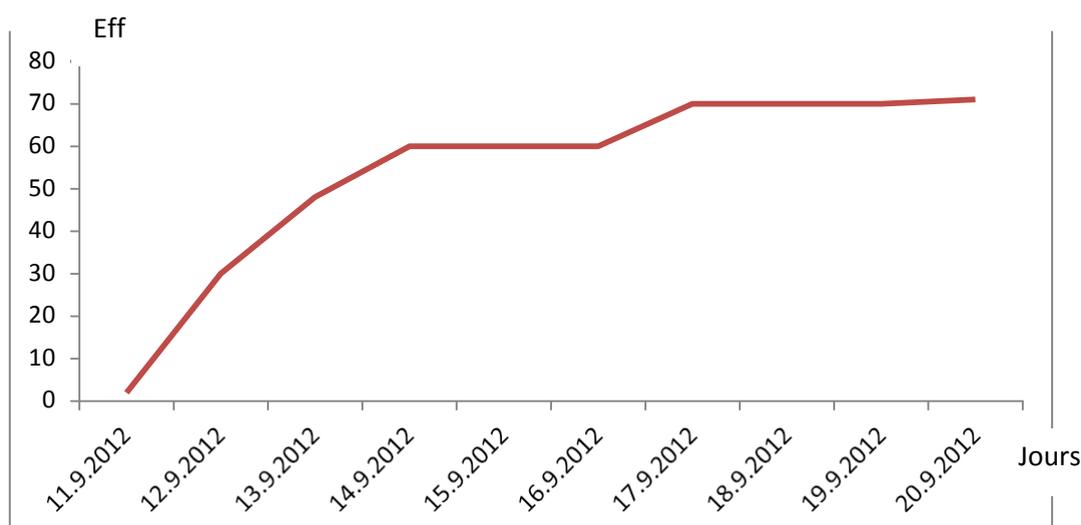


Figure 60 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la forêt naturelle de Senalba, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la deuxième semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 10 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 13 septembre 2012.

7.1.10. Cas du reboisement d'El Bayedh

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 43 pontes est représenté par la figure 61.

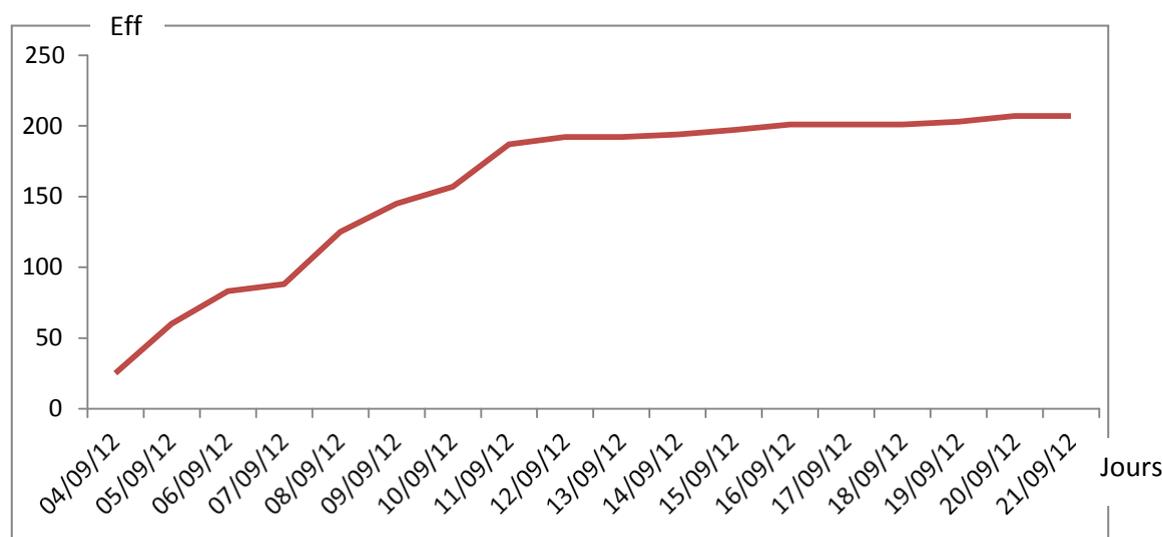


Figure 61 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance du reboisement d'El Bayedh, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la première semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 15 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 8 septembre 2012.

7.1.11. Cas de la pinède de Sétif

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 51 pontes est représenté par la figure 62.

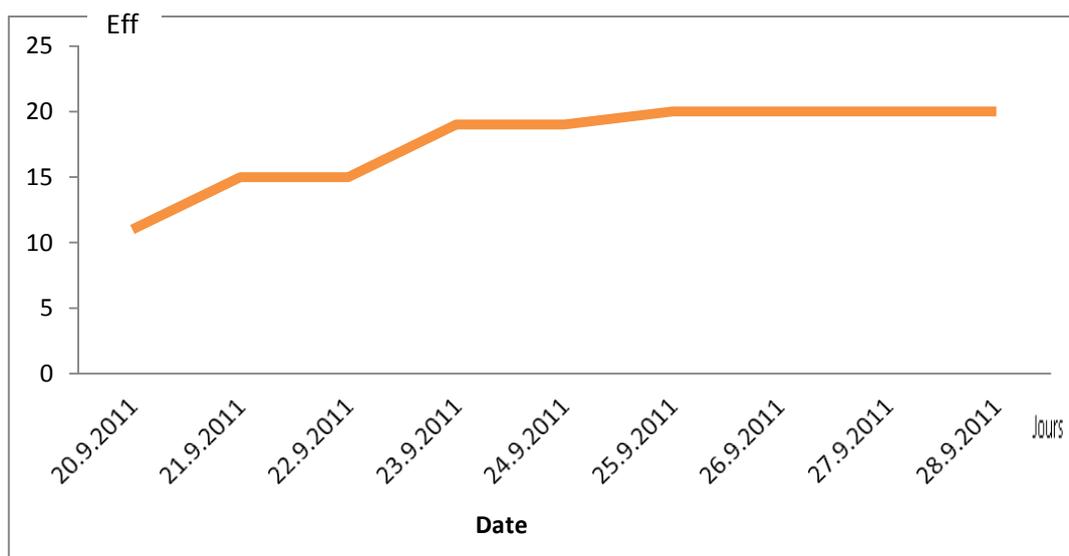


Figure 62 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède de Sétif, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la deuxième du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 06 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 20 septembre 2012.

7.1.12. Cas de la pinède de Tlemcen

La courbe cumulative des émergences de ce parasitoïde embryonnaire sur un nombre de 20 pontes est représenté par la figure 63.

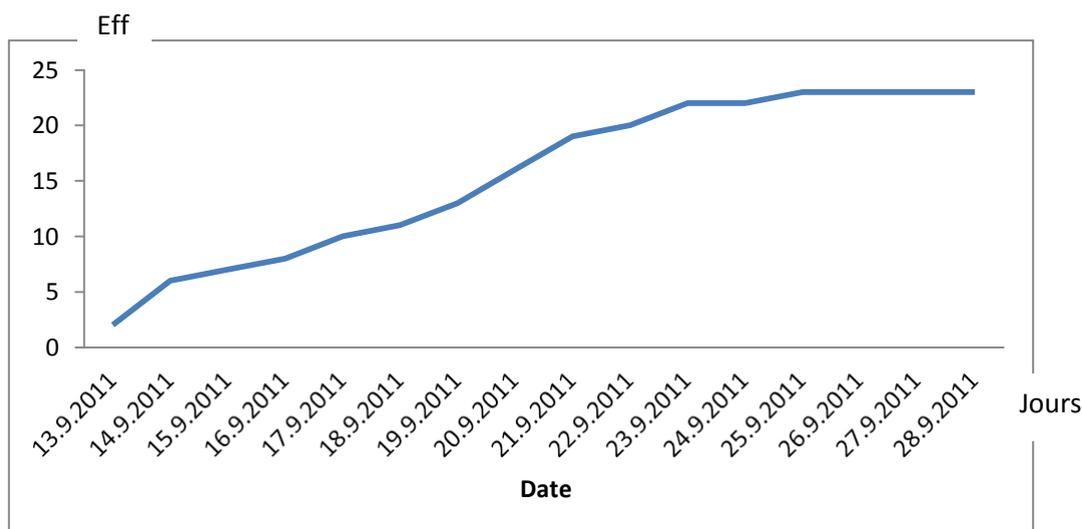


Figure 63 : Courbe cumulative des émergences de *Baryscapus servadeii*

A partir du matériel biologique en provenance de la pinède de Tlemcen, les premiers émergents de *Baryscapus servadeii* ont été notés à la deuxième du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 12 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 18 septembre 2012.

7.2. Emergence de *Ooencyrtus pityocampae*

7.2.1. Cas de la pinède de Batna

La figure 64 illustre la courbe cumulative des émergences d'*Ooencyrtus pityocampae*

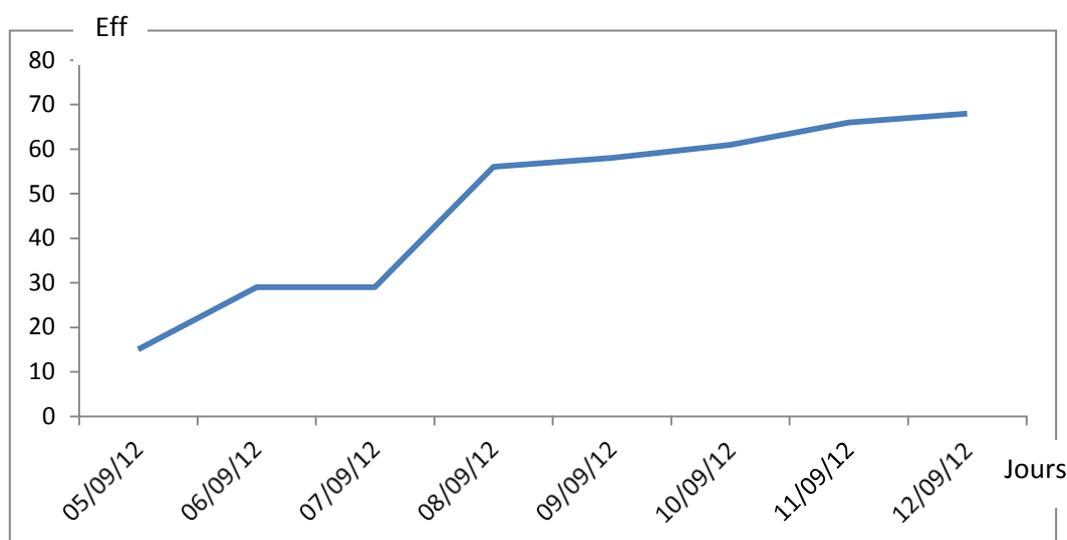


Figure 64 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* (Batna)

De même que l'espèce *Baryscapus servadeii* la première émergence de l'*Ooencyrtus pityocampae* a été notée à partir de la première semaine du mois de septembre 2012. Les premiers individus ont émergé le 05 septembre et se sont échelonnées sur une période de 08 jours. 50% de la population ont émergé. La date de calage est 8 septembre 2012.

7.2.2. Cas de la pinède de Blida

La courbe cumulative des émergences parasitoïde embryonnaire l'*Ooencyrtus pityocampae* établit à partir d'un effectif de 50 pontes est représentée par la figure 65.

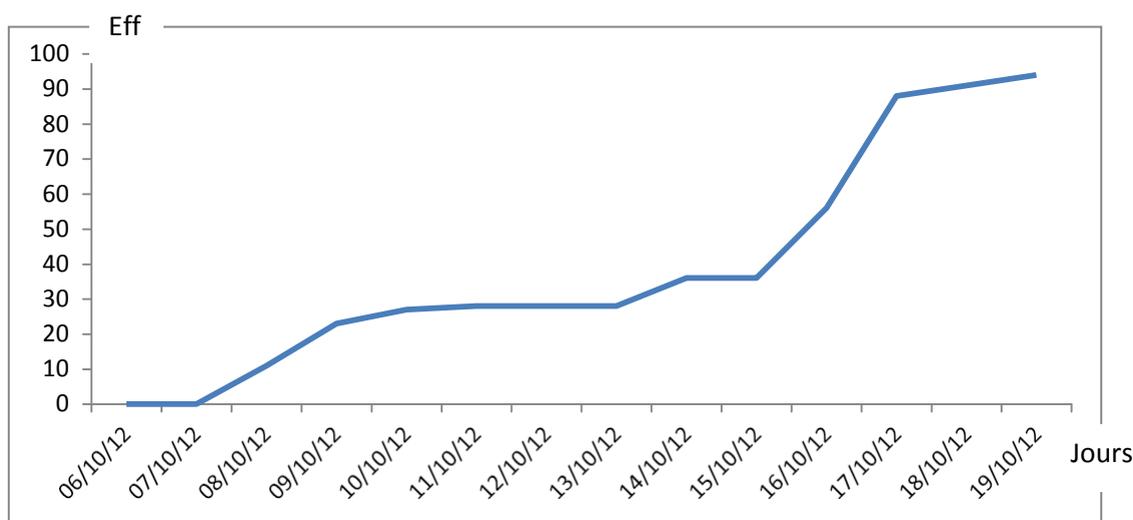


Figure 65 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Blida les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de octobre avec un plus important par rapport au site précédent. La date de calage s'effectue le 16 septembre 2012 à 50% d'émergence. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 12 jours.

7.2.3. Cas de la pinède de Cherchell

La courbe cumulative des émergences parasitoïde embryonnaire l'*Ooencyrtus pityocampae* établit à partir d'un effectif de 50 pontes est représentée par la figure 66.

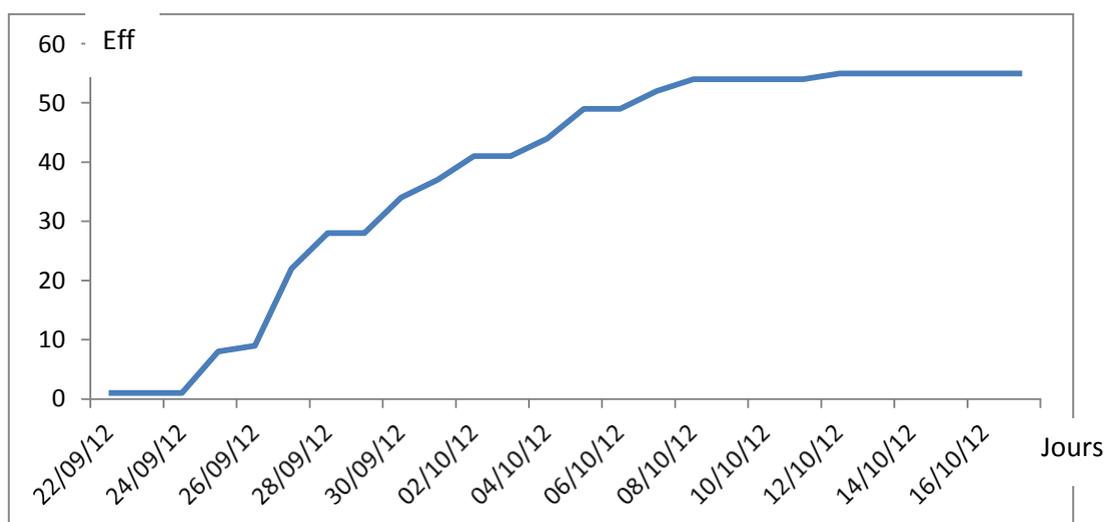


Figure 66 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Cherchell les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la quatrième semaine de mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 30 septembre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 13 jours.

7.2.4. Cas de la pinède d'El Kala

La courbe cumulative des émergences parasitoïde embryonnaire l'*Ooencyrtus pityocampae* établit à partir d'un effectif de 50 pontes est représentée par la figure 67.

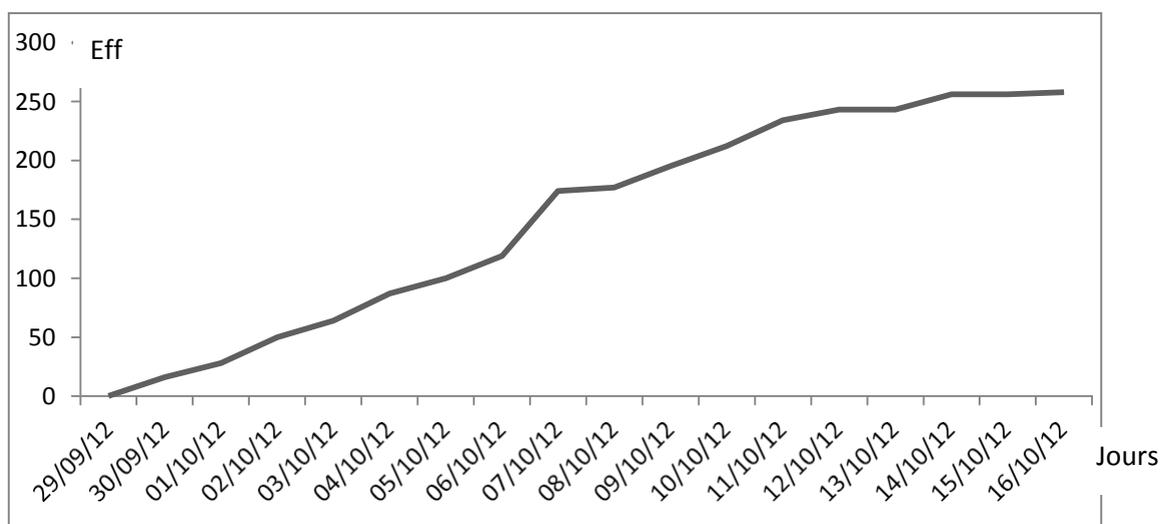


Figure 67 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site d'El Kala les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la quatrième semaine du mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 07 octobre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 15 jours.

7.2.5. Cas de la cédraie de Chréa

La figure 68 illustre la courbe cumulative des émergences d'*Ooencyrtus pityocampae*

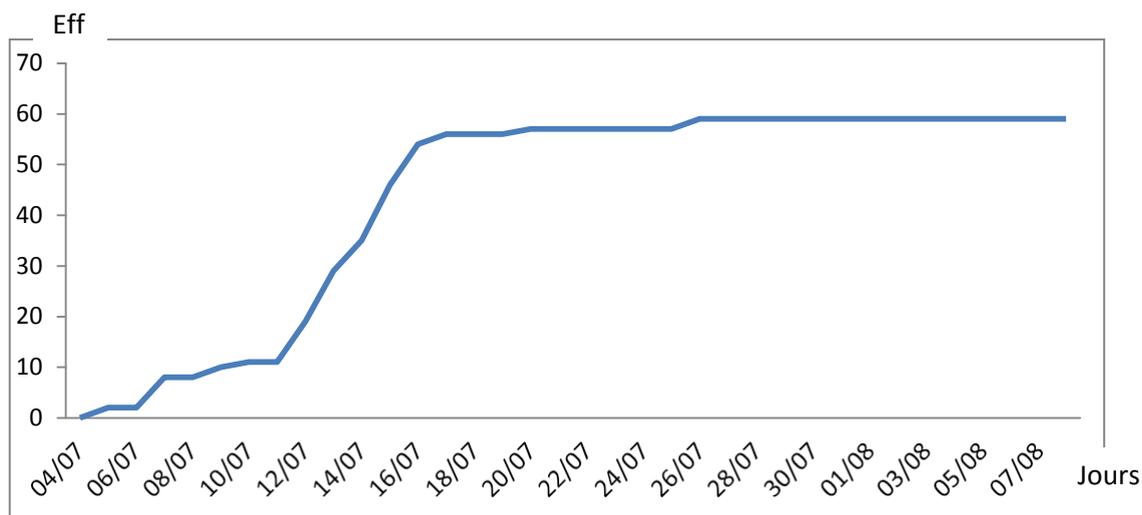


Figure 68 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae* à Chréa

Dans le parc national de Chréa, de même que l'espèce *Baryscapus servadeii* la première émergence de l'*Ooencyrtus pityocampae* a été notée à partir de la première semaine du mois de juillet 2012. Les premiers individus ont émergé le 05 juillet. Les émergences se sont échelonnées sur 23 jours. Une dizaine de jours après la mise en observation du matériel biologique, 70% de la population ont émergé. La date de calage est 13 juillet 2012.

7.2.6. Cas de la cédraie de Chélia

La courbe cumulative des émergences parasitoïde embryonnaire l'*Ooencyrtus pityocampae* établit à partir d'un effectif de 78 pontes est représentée par la figure 69.

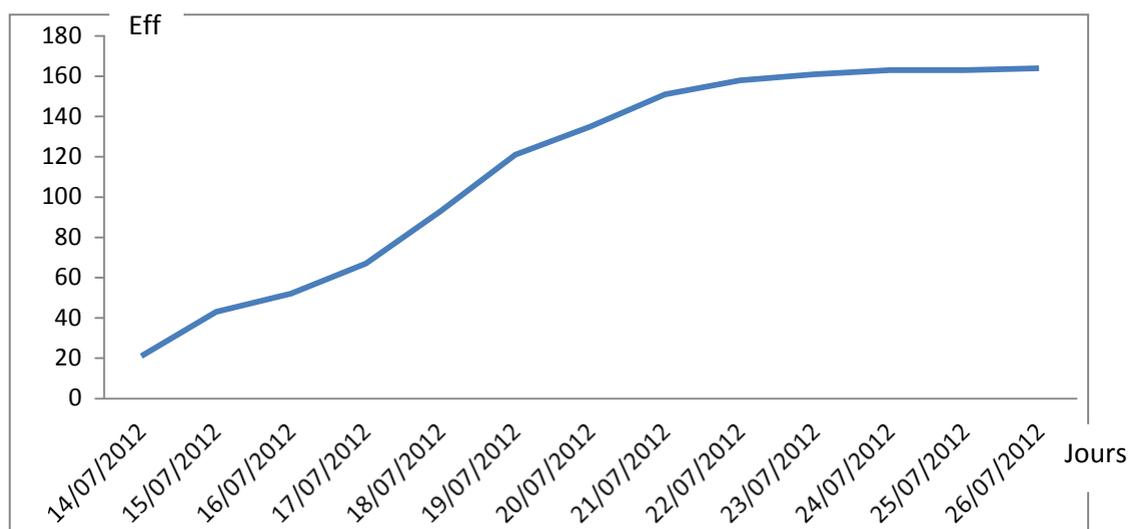


Figure 69 : Courbe cumulative des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Chélia les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de juillet avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 17 juillet 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 12 jours

7.2.7. Cas de la cédraie de Theniet El-Had

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 70

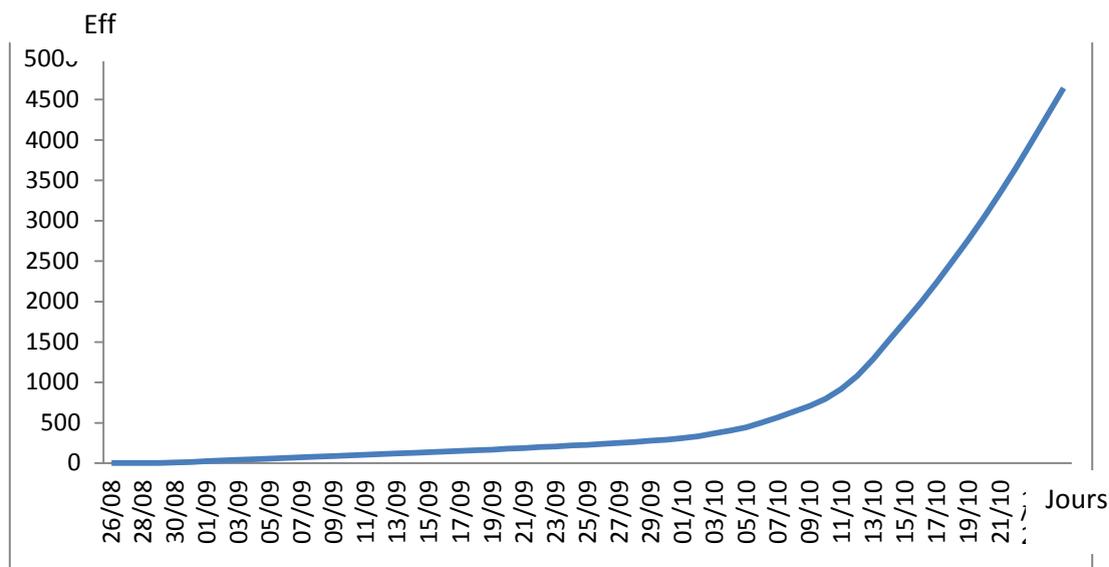


Figure 70 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Le matériel biologique récolté de la cédraie de Theniet El-Had a mis en évidence le plus grand effectif du parasitoïde *Ooencyrtus pityocampae*. Les premières sorties des adultes ont été notées tardivement par rapport aux populations précédentes. Ce n'ai qu'à partir de la première semaine du mois de septembre 2012 que les premiers individus ont émergé. Les émergences se sont échelonnées sur deux mois. La date de calage, correspondant à 50% de l'émergence de la population s'est effectuée le 17 octobre 2013.

7.2.8. Cas du reboisement d'El Bayedh

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 71.

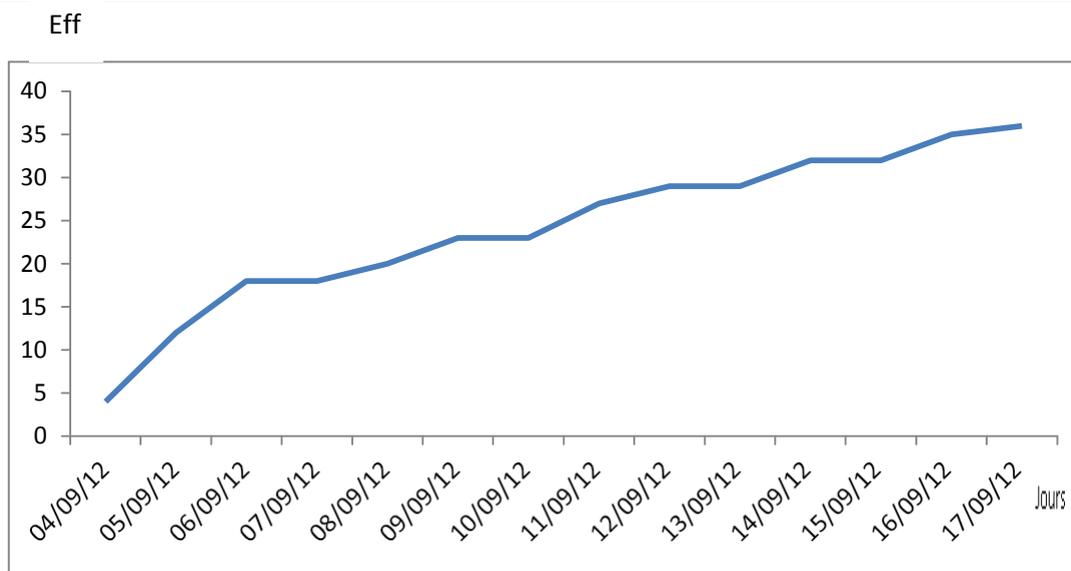


Figure 71 : Représentation du cumul des émergences de l’*Ooencyrtus pityocampae*

Le matériel biologique récolté dans le reboisement d’El Bayadh, les premières sorties des adultes ont été notées à la première semaine du mois de septembre 2012. Les émergences se sont échelonnées sur 10 jours. La date de calage, correspondant à 50% de l’émergence de la population s’est effectuée le 06 octobre 2012.

7.2.9. Cas de la pinède de Sétif

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 72.

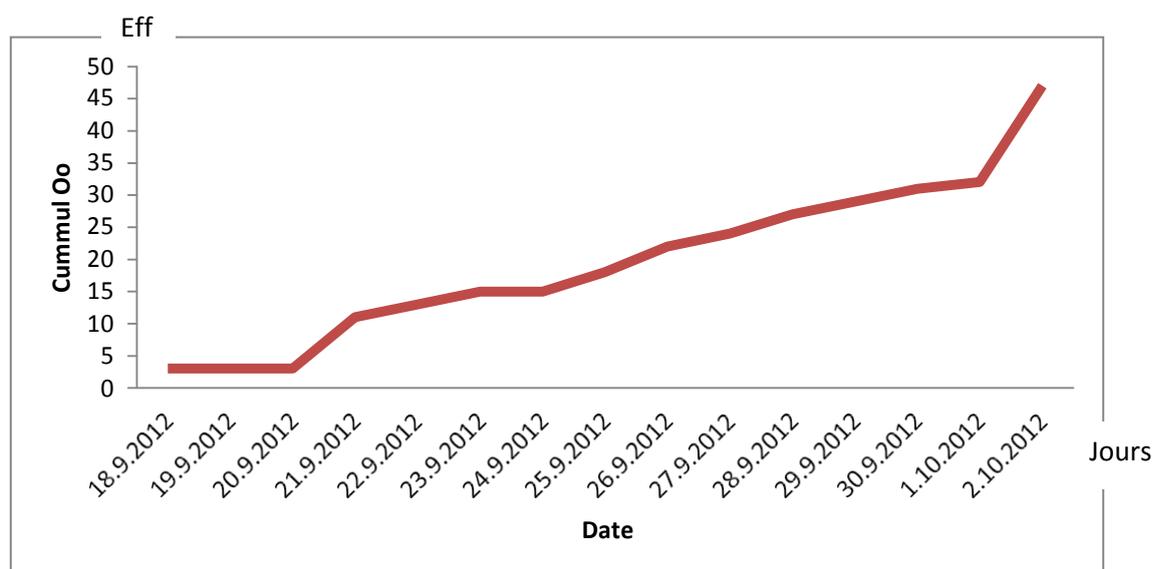


Figure 72 : Représentation du cumul des émergences de l’*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Sétif les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 28 septembre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 13 jours

7.2.10. Cas du reboisement de Moudjebara

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 73.

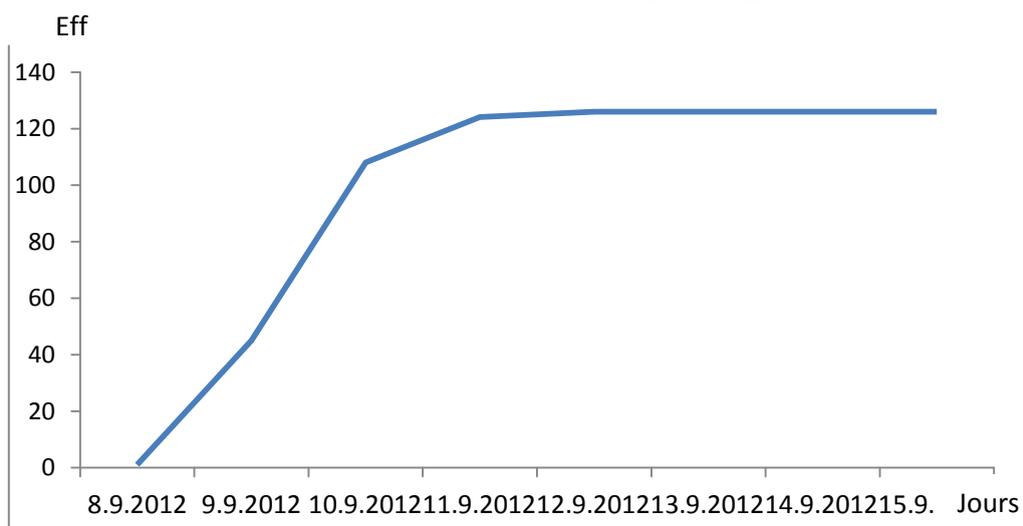


Figure 73 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Moudjebara les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 13 septembre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 06 jours

7.2.11. Cas de la forêt naturelle de Senalba

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 74.

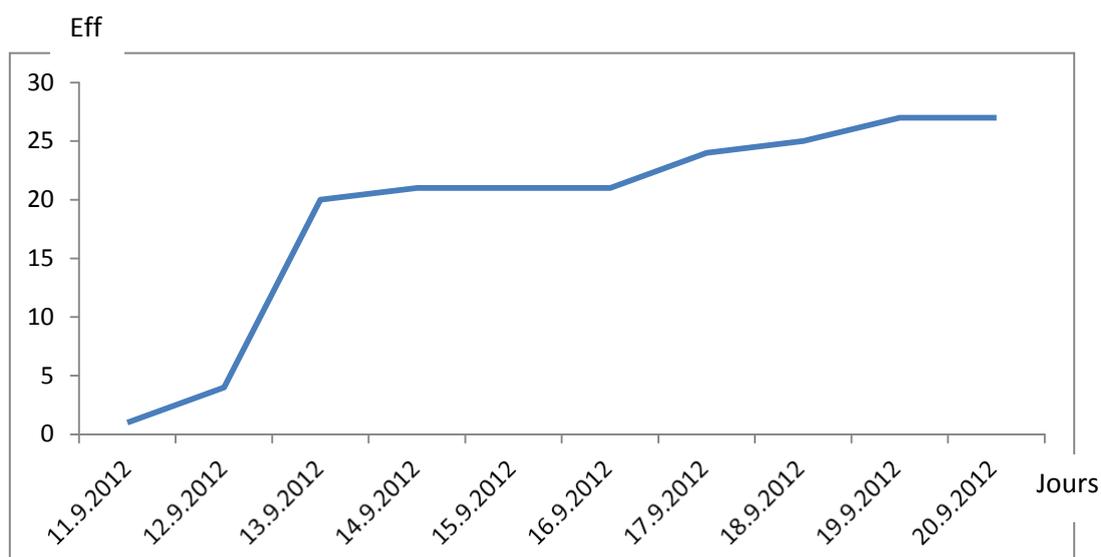


Figure 74 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Senalba les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 13 septembre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 9 jours.

7.2.12. Cas de la pinède de Tlemcen

La courbe cumulative de données recueillies est illustrée par la figure 75.

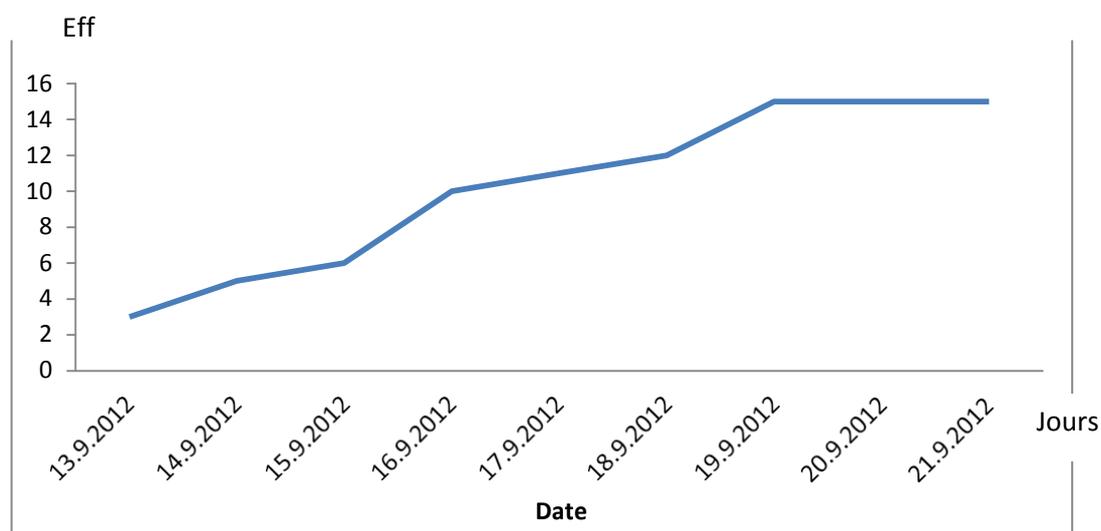


Figure 75 : Représentation du cumul des émergences de l'*Ooencyrtus pityocampae*

Dans le site de Tlemcen les espèces d'*Ooencyrtus pityocampae* ont débuté leur émergence à partir de la deuxième semaine de mois de septembre avec un plus important par rapport au site précédant. La date de calage s'effectue le 17 septembre 2012. L'échelonnement des émergences a été effectué sur 7 jours.

8. Chronologie des dates de calage en relation avec les effectifs émergés

Les données des dates de calages des deux parasitoïdes actifs, *Baryscapus servadeii* et *Ooencyrtus pityocampae* en relation avec le nombre des adultes émergés dans les sites prospectés sont regroupées dans le tableau 37 et 38.

Tableau 37 : Les dates de calages pour *Baryscapus servadeii*

	<i>Baryscapus servadeii</i>											
	Tle	Sen	Mou	Sét	El B	The	Ché	Chr	El K	Chel	Bli	Bat
Date de calage	18/09	13/09	13/09	20/09	08/09	12/10	15/07	12/07	04/10	30/09	12/10	08/09
Effectifs des populations	28	455	233	82	215	791	235	429	148	550	52	171
Moyennes par pontes	1,4	5,17	2,9	1,6	5	21,37	4,7	16,5	4,11	10,57	1,4	7,77
Altitude	1141	1306	1055	804	1200	1465	1933	1400	200	200	605	1203

Tableau 38 : Les dates de calages pour *Ooencyrtus pityocampae*

	<i>Ooencyrtus pityocampae</i>											
	Tle	Sen	Mou	Sét	El B	The	Ché	Chr	El K	Chel	Bli	Bat
Date de calage	17/09	13/09	13/09	28/09	06/10	17/10	17/07	13/07	07/10	30/09	16/09	08/09
Effectifs des populations	88	100	37	206	68	108	180	56	292	60	198	63
Moyennes par pontes	4,4	1,13	0,43	8,9	1,58	2,91	3,6	2,15	8,11	1,15	5,35	2,86
Altitude	1141	1306	1055	804	1200	1465	1933	1400	200	200	605	1203

Sur la base de ces résultats, une distribution très hétérogène des populations des deux parasitoïdes est notée. Avec 21,37 en moyenne par ponte, l'espèce *B. servadeii* est plus fréquente dans la cédraie de Theniat El Had, Chréa avec une moyenne de 16,5 par ponte et

10,57 individus en moyenne à Cherchell. Dans les autres sites de Batna, Senalba, El Bayed, Chelia et Moudjebara, les valeurs calculées sont respectivement par ordre décroissant de 7,77, 5,17, 5, 4,7, et 2,9 individus en moyenne par ponte. Par contre l'espèce *Ooencyrtus pityocampae* est plus fréquente dans les sites suivants : Sétif, El Kala, Blida et Tlemcen, respectivement par ordre décroissant 8,90, 8,11, 5,35 et 4,4 individus en moyenne par ponte.

QUATRIEME CHAPITRE

DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

L'analyse des pontes de processionnaire du pin en provenance de diverses zones bioclimatiques a permis de mettre en évidence l'impact des parasitoïdes embryonnaires de ce défoliateur. Au total, 574 pontes ont été récoltées de diverses pinèdes et de cédraie du Nord de l'Algérie. Dans cette étude, l'analyse descriptive des longueurs des pontes de la processionnaire sur le cèdre de l'Atlas les cédraies a montré une signification plus conséquente que celles des pontes récoltées en pinèdes à l'exception des pontes récoltées sur *Pinus pinaster* de la station d'El Kala dont la longueur moyenne est de 27 ± 6 mm. Vraisemblablement cette valeur plus conséquente est liée à la plante hôte et à la structure des aiguilles dont les longueurs sont de taille plus grande.

Afin de tirer des résultats plus fiables nous avons procédé à une comparaison des moyennes par ANOVA. Une différence très hautement significative est notée entre les longueurs des pontes en provenance des cédraies et des pinèdes ($p=0,0001$). Des résultats biométriques comparables ont été obtenus par Arkam (2011), sur des échantillons de pontes de la processionnaire sur les deux plantes considérées. Sur des pontes en provenance de pin noir, récoltées selon un transect altitudinal, Imbert (2012) note des longueurs moyennes de pontes plus significatives et variables de 24,27 à 34,55 mm. De même l'auteur précité, note que dans la vallée de la Durance les pontes récoltées sur le pin d'Alep et sur le pin sylvestre ont des longueurs moyennes respectives de 23,7 et de 26,4 mm. Sur la base de ces résultats, il ressort que la structure de la plante hôte et sa composition peuvent influencer la fécondité des femelles dans leur environnement. Un effet de station régional est noté pour les populations de la processionnaire du pin dans leur biotope.

L'analyse fréquentielle des longueurs des pontes a mis en évidence 5 classes pour les lots récoltés dans les dix sites prospectés à l'exception des sites Cherchell et Tlemcen dont l'analyse fréquentielle fait ressortir quatre classes. Les données recueillies mettent en évidence une différence très hautement significative entre les lots testés ($p=0,0001$). Cette analyse a été effectuée afin de regrouper les catégories des femelles pondeuses en classes en fonction de la longueur des pontes. Si nous considérons les clades de la processionnaire du pin établis par Kerdelhué et al (2009) pour l'Algérie, il apparait que les populations de *ENA*

clade situées au nord Est de l'Algérie, sont plus conséquentes en longueurs que le *clade pityocampa*. La zone de contact des deux *clades* regroupe des longueurs variables.

Les pontes en provenance des 12 sites prospectés révèlent un nombre total de 89001 œufs, soit une moyenne de 155 ± 52 œufs par ponte. Si nous considérons séparément le matériel biologique récolté sur pin d'Alep et sur le cèdre de l'Atlas, le nombre d'œufs par ponte varie en moyenne de 121 ± 38 œufs à 187 ± 35 œufs, respectivement pour le reboisement de pin de Moudjebara et du massif forestier de Blida. Les pontes en provenance des cédraies comptent de 188 ± 51 pour le site de Theniat El Had à 221 ± 59 œufs pour le cèdre de l'Atlas de Chréa. La fécondité de la population évoluant sur cèdre reste la plus conséquente à celle sur pin d'Alep. La plante hôte influe vraisemblablement sur la fécondité des femelles. Des résultats comparables ont été obtenus sur des échantillons en provenance de la cédraie de Chréa par Sebti (2010), qui note une moyenne de 231 par ponte. Ces résultats montrent que l'année en question est marquée par un effectif très élevé de la population et confirme la phase de gradation de l'espèce. Huchon et Demolin (1970) précisent que lorsque le nombre d'œufs est proche de 300 la potentialité dynamique de la population devient particulièrement élevée. Dans le cas d'une population éprouvée le nombre se limite à 70 œufs selon les mêmes auteurs. La comparaison des moyennes par ANOVA a mis en évidence une différence significative entre le nombre d'œufs en provenance des trois cédraies prospectées ($p=0,029$) et une signification entre les populations des 9 stations de pin ($p=0,0036$).

L'analyse fréquentielle des effectifs des œufs a mis en évidence 5 classes pour les lots récoltés dans 8 sites prospectés à l'exception des sites d'El Kala, Cherchell, Chréa et Tlemcen qui comptent quatre classes de femelles pondeuses. Les effectifs des œufs par ponte a permis de constater que la fécondité des femelles de la processionnaire varie de 164 à 216 œufs par ponte, cas du biotope de Chélia. Dans la cédraie de Chréa les femelles pondent de 240 à 310 œufs par ponte. Dans les pinèdes les moyennes des effectifs des œufs par ponte varient de 103 à 135 pour le site de Senalba Chergui et de 200 à 270 œufs pour le site d'El Kala. Ceci confirme le potentiel dynamique de la fécondité des femelles évoluant dans les cédraies.

Les rapports des analyses croisées montrent une relation entre les longueurs des pontes calculées et le nombre d'œufs avec une probabilité hautement significative, ceci au niveau des 12 stations prospectées. De même il existe une relation entre les longueurs des aiguilles et des rameaux et le nombre d'œufs avec des coefficients de corrélation hautement significatifs (Zamoum, 1998)

Si nous considérons le nombre moyen des œufs éclos par ponte, dans les pinèdes ce nombre varie considérablement de 76 ± 62 œufs dans la station de Tlemcen à 176 ± 35 œufs dans la pinède de Blida. Le nombre d'œufs non éclos varie en moyenne de 41 ± 59 dans la pinède de Tlemcen à 4 ± 6 œuf dans le site de Blida. Dans les cédraies, le nombre d'œufs éclos varie en moyenne de 110 ± 55 dans la cédraie du Parc National de Theniat El Had à 149 ± 67 au Parc National de Chréa. Le nombre d'œufs non éclos est de 49 ± 35 à Theniat El Had et de 48 ± 49 œufs dans le site de Chréa. Il s'avère que le nombre d'œufs éclos dans la pinède de Blida est plus conséquent que celle dans les cédraies. Ceci explique au moins en partie les capacités de reproduction favorisées par les possibilités de rencontre des partenaires (Demolin, 1985). Sebti (2011), note que le nombre d'œufs éclos est très élevé à Chréa soit un taux de 89,64%. Les œufs non éclos ne dépassent pas 6,16%. D'après le même auteur, les causes sont imputables à un échec du développement embryonnaire ou à l'émergence ou encore aux parasites. Le parasitisme global n'atteint que 4,19 %. Par contre au cours de notre étude, l'année 2012, a été marquée par une diminution du nombre d'œufs éclos soit un taux de 66,95%. Les œufs non éclos étaient assez élevés soit un taux de 21,74%. Le parasitisme global aussi a augmenté soit un taux de 10,62 %. Aussi dans le même sujet Schmidt *et al.* (1997) dans son étude des parasitoïdes de la processionnaire du pin démontre un taux d'éclosion des œufs de 72,7% et un taux de parasitisme par *Baryscapus servadeii* et *Ooencyrtus pityocampae* de 21,4%.

L'analyse des données recueillies montre des taux de parasitisme très différents entre les localités, le taux de parasitisme ne dépassent pas 15,64% dans les populations échantillonnées à Theniat El Had.

Une efficacité parasitaire chez *Trichogramma embryophagum* a été notée dans les trois cédraies, la fréquence de présences de cette espèce à Chélia est de 21,05%, à Chréa de 20% et à Theniat El Had, de 19,56%. En général, cette espèce bien qu'elle soit polyphage, elle est caractérisée par une faible fréquence de parasitisme. Elle affecte un nombre faible de pontes par rapport aux autres parasitoïdes, mais elle détruit une grande partie des œufs.

Toute fois, *T. embryophagum* son action parasitaire est fortement contrariée par la présence des écailles sur les œufs donc son efficacité parasitaire reste très faible et localisé sur les deux parties extrêmes des pontes qui ne sont pas protégées en totalité par les écailles.

Plusieurs études ont déjà montré des taux de parasitisme très fluctuants selon la région où les pontes ont été prélevées. En Bulgarie, le taux de parasitisme observé chez la processionnaire du pin varie de 19,3 à 38,9 % (Tsankov *et al.*, 1996a, 1998). En Albanie, il a été observé un

taux de parasitisme de 15,2 à 23,2 % (Mirchev *et al.*, 1999). En Italie, selon les régions, le taux de parasitisme a été noté entre 6% et 30 % (Tiberi, 1990) et dans la péninsule ibérique, entre 11,3 et 31,7 % de parasitisme a été observé (Schmidt *et al.*, 1999).

Les parasitoïdes constituent le plus important facteur biologique qui peut affecter le succès à l'éclosion (Debach et Rosen, 1991 ; Wajnberg et Hassan, 1994).

L'étude conduite sur le matériel biologique considéré a mis en évidence une diversité entomologique embryonnaire de quatre espèces de parasites oophages. *Baryscapus servadeii*, *Ooencyrtus pityocampae*, *Trichogramma embryophagum* et *Anastatus bifasciatus*. Les espèces *Baryscapus servadeii*, considéré comme le spécialiste et l'*Ooencyrtus pityocampae* le généraliste ont été notés dans les 12 stations prospectées. L'espèce *Trichogramma embryophagum* a été obtenue uniquement à partir des pontes récoltées dans les trois cédraies prospectées. La fréquence de parasitisme de cette espèce reste très rare. Par contre *Anastatus bifasciatus* a été noté dans deux massifs forestiers de pin, à Cherchell et à Tlemcen. Cette espèce semble généralement avoir une répartition très limitée. Elle n'est pas considérée comme une espèce de très grande utilité par rapport aux autres espèces citées. Les pontes prélevées n'ont révélé que des taux de parasitismes de 1,29% à Cherchell et 0,85% à Tlemcen. A ce sujet, Beritima (2013) a noté cette même espèce à Thénia El Had. Les deux espèces les plus actifs *Baryscapus servadeii* et *Ooencyrtus pityocampae* ont été signalé par Bertella (1987) dans les reboisements de pin d'Alep de Batna et par Zamoum (1998) dans les peuplements de pin des zones semi-arides. *Trichogramma* est signalée par Bertella dans la pinède de Bouilef en 1987 et par Gachi(1989) sur les pontes de la processionnaire du cèdre, *Thaumetopoea bonjeani*, dans les peuplements Belezma.

Les études existantes sur les parasitoïdes de la processionnaire du pin ont toujours mis en évidence la prédominance de deux espèces de parasitoïdes, le spécialiste *Baryscapus servadeii* et le généraliste *Ooencyrtus pityocampae* avec des proportions variant selon les régions. D'autres espèces ont été rapportées mais leur impact est souvent considéré comme négligeable. L'abondance de chaque espèce varie dans un même site, d'un site à un autre et même à l'échelle régionale du bassin méditerranéen. Les études menées en Bulgarie et en Italie, ont mis en évidence un pourcentage plus élevé d'*O. pityocampae* que de *B. servadeii* (Tiberi, 1990; Tsankov et al.,1996 b, 1998). En Algérie et au Maroc c'est *B. servadeii* qui a une abondance plus importante que *O. pityocampae* (Schmidt *et al.*, 1997; Tsankov *et al.*, 1995). En Grèce, dans le nord c'est *B. servadeii* qui est le plus abondant alors que dans le sud *B. servadeii* et *O. pityocampae* sont en abondance équivalente (Bellin *et al.*, 1990). Il est

important de souligner que le *Baryscapus servadeii* est l'hôte spécifique de la processionnaire, *T.pityocampa* (Gachi *et al.*, 1986).

D'une manière globale, les résultats obtenus mettent en évidence une faible incidence des parasitoïdes embryonnaires. De même, nous avons constaté des variations dans l'action des quatre parasites. Cette variabilité est vraisemblablement en relation avec la densité et la répartition de l'hôte. Les études sur les parasitoïdes et leur impact effectuées sur plusieurs années dans les différentes pinèdes par Masutti (1964), Tiberi (1978), Geri (1980) et Battisti (1989) confirme davantage nos données à travers les sites prospectés. L'action des parasitoïdes restes élevés avant et après les culminations des populations de *Thaumetopoea pityocampa*. Au cours du temps les auxiliaires parasites développent une stratégie pour rendre un équilibre naturellement si le biotope de leur évolution n'est pas agressé par des actions anthropiques

Le test de longévité réalisé au laboratoire dans les conditions de température de $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative de $60\pm 5\%$ a révélé que la longévité de l'espèce *Baryscapus servadeii* varie de 1 à 91 jours. Une longévité maximale des individus est constatée entre 21 et 42 jours. Cette tranche représente plus de 59% des individus testés dans les stations appartenant aux étages bioclimatiques humides, sub humide et semi aride, dans la station de Cherrhell, les résultats du test montrent une durée de vie qui se concentrent avec des taux légèrement supérieurs, celui ci passe de 49% pour la classe allant de 21 à 42 jours à 62% pour la classe allant de 21 à 49 jours.

Dans les mêmes conditions de température et d'humidité, la longévité de *Ooencyrtus pityocampae* s'étale sur une période de 35 jours. Des résultats comparables sont notés pour les 6 stations étudiées (El Baydh, Theniat El Had, El Kala, Cherrhell, Moudjebara et Senalba). La longévité maximale de cette espèce est observée entre 8 et 21 jours pour plus de 66% des individus soumis au test. La longévité de *Baryscapus servadeii* est plus prolongée que celle de *Ooencyrtus pityocampae*. Contrairement Arkam, (2011) note que la longévité maximale des individus de *Baryscapus servadeii* est constatée entre 7 et 18 jours. Cependant, des résultats comparables sont notés pour l'espèce *Ooencyrtus pityocampae* avec une durée de vie de 7 à 18 jours pour plus de 75% des individus soumis au test. L'origine de la population et les conditions d'alimentation dans les conditions expérimentales, jouent un rôle déterminant dans la longévité des adultes des parasitoïdes.

Il est important de souligner qu'une ponte peut être parasitée, par une, deux ou trois espèces. Dans le matériel biologique examiné, il existe des pontes qui sont fortement attaquées,

d'autres moyennement attaquées. Les combinaisons de la présence des deux espèces ou trois parasitoïdes sont notées sur le matériel biologique examiné avec une dominance de l'espèce *Baryscapus servadeii*, dans 8 stations (Batna, Cherchell, Chélia, Chréa, Theniat El Had, Moudjebara, Senalba et El Bayadh) représentant des taux de présence respectivement de 47,72%, 61,90%, 23,68%, 31,66%, 32,60%, 77,21%, 68,51% et 52,85% de l'effectif global. Par contre l'espèce *O.pityocampa* est dominante seulement dans 4 stations (Blida, El Kala, Sétif et Tlemcen) représentant des taux, respectifs de 58,13%, 38,77%, 52,23% et 46,51%. D'après (Biliotti, 1958), la faible efficacité parasitaire de *Ooencyrtus pityocampae* serait due à la présence des écailles recouvrant les œufs de *T. pityocampa*. Les tailles et la structure des écailles protectrices jouent un rôle déterminant sur l'impact des parasitoïdes et leur stratégie d'occupation sur les œufs de la ponte hôte.

Si nous considérons les possibilités des parasitoïdes dans les sites prospectés, à Theniat El Had, la fréquence de présence de *B. servadeii* et *T. embryophagum* s'élève à 6,52%. Les autres combinaisons de présence se limitent entre 13,04 et 10,86%. Cependant seule la variante *O. pityocampae* avec *T.embryophagum* n'a pas été notée. Sur la base de ces résultats, il est important de noter que les parasitoïdes, *O.pityocampa* et *T.embryophagum* semblent se reconnaître pour ne pas rentrer en compétition spécifique. Ces antagonistes restent les plus performants malgré la barrière des écailles protectrices qui est très significative chez plusieurs populations, particulièrement les pontes récoltées dans les forêts de pins.

Les combinaisons de présence de ces deux espèces sont plus importantes dans les stations de Tlemcen, El Kala et Batna soit un taux de plus de 25%. La combinaison des trois espèces a été observée dans les cédraies avec des taux moyen qui ne dépassent pas les 12%.

Le phénomène de compétitions n'a pas été étudié vu sa complexité surtout pour les espèces qui s'auto parasitent, c'est le cas connu chez les espèces de *Baryscapus* qui en reconnaissent pas les œufs parasités.

À ce sujet, El Yousfi, (1983), note qu' au Maroc le problème de compétition intraspécifique pour ces deux insectes s'est présenté, à Meloussa et à Gouttitir, où ils ont constaté une proportion semblable de ces deux espèces (*B. servadeii* et *O. pityocampae*). La distribution de l'espèce *Baryscapus servadeii* a été observée en plus grand nombre dans les stations d'altitude, Senalba (1306 m), Moudjebara (1055 m), El Bayadh (1200 m), Theniat El Had (1465 m), Chréa (1400 m), Chélia (1933 m) et à Batna (1203 m) à l'exception de la forêt de Cherchell dont l'altitude est de 200 mètres. La distribution de l'espèce *Ooencyrtus pityocampae* a été notée dans les stations de basses altitudes comme la forêt de Blida (605

m), El Kala (200 m) et Sétif (804 m) à l'exception du site de Tlemcen (1141 m). Sur la base de ces résultats, l'altitude joue un rôle important dans la distribution des parasitoïdes

Au Maroc, en 1975-1976, El Yousfi, (1983) note que la distribution des parasites a été légèrement modifiée, *Ooencyrtus pityocampae* a été observé, pour la première fois, dans certaines stations d'altitude (col du Zad Jbel Habri) ou *Baryscapus servadeii* est en général dominant, tandis que *Baryscapus servadeii* apparaît dans des stations de basse altitude (Meloussa, oriental, Taforalt) ou *Ooencyrtus Pityocampae* est dominant.

Les parasitoïdes embryonnaires répertoriées ont un impact spatio-temporelle certain sur les populations de la processionnaire du pin et peuvent jouer un rôle prometteur dans la régulation des populations au cours des phases de gradations. Diverses variables environnementales et des variables liées à leur hôte conditionnent leur action au cours du temps. Les reboisements en monoculture de pin d'Alep ont participé à leur perturbation et tout le cortège parasitaire n'a pas pu suivre le déplacement des populations de la processionnaire particulièrement dans les zones semi-arides. Malgré la fragilité du milieu et la complexité du milieu forestier, des élevages de *Ooencyrtus pityocampa* et des lâchers en phase de progradation sont à préconiser pour limiter les dégâts de la processionnaire, particulièrement en zone semi-arides ou les dépenses des traitements au *Bacillus thuriengiensis* sont très conséquent au cours de la dernière décennie. Une lutte mécanique, par la récolte des manchons de pontes peut contribuer à la diminution des populations. Une investigation sur plusieurs années permet de tirer plus d'information sur la gradation des parasitoïdes en général et embryonnaires en particulier. L'étude de la migration des parasitoïdes du milieu naturel vers le milieu reboisé reste complexe et à élucider davantage.

La création de laboratoire de lutte biologique dans les diverses stations forestières, Est, Ouest et Centre pourrait rendre service au secteur forestier en général et limiter les traitements au *Bacillus thuriengiensis*, qui malgré leur efficacité perturbent le contexte environnemental de la forêt en général.

Références Bibliographiques

- 01 Agenjo. R., (1941) Monographia de la familia des Thaumetopoeidae (Lep.). Eos, Revista Espanola de Entomologia, 17, 69-130.
- 02 Arkam M. (2011). Caractéristiques biologiques des pontes de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* et importance des parasitoïdes embryonnaires en cédraie et en pinède. Essai d'élevage de *Trichogramma embryophagum* Mémoire Ing. d'Etat en Agro. Ecole Nat. Sup. d'Agr. El Harrach. PP.
- 03 Arnaldo P.S., Chacim S., Lopes D. (2010). Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *iForest*. **3**, 159-162.
- 04 Barbault R. (2003). Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère. Ed. Dunod, Paris, 326 p.
- 05 Barbaro L. (2008) Les oiseaux insectivores prédateurs de la processionnaire du pin. In : *Colloque Insectes et changement climatique*. [en-ligne] Micropolis, Aveyron (FRA), 15 novembre 2008. [http://www.inra.fr/urticlim/projet_urticlim/reunions/micropolis] (consulté le 24 Janvier 2010).
- 06 Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larsson S. (2005) Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecol. Applicat.*, 15(6), 2084-2096.
- 07 Battisti A., Holm G., Fagrell B., Larsson S. (2011) Urticating hairs in arthropods: their nature and medical significance. *Annu. Rev. Entomol.*, 56, 203-220.
- 08 Battisti A., (1989). Field studies on the behaviour of two egg parasitoids of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomophaga*, 34 (I), pp 29-38.
- 09 Bellin, S., Schmidt, G.H., & Doumapetridou, E. (1990) Structure, Ooparasitoid Spectrum and Rate of Parasitism of Egg-Batches of *Thaumetopoea-Pityocampa* (Den and Schiff) (Lep Thaumetopoeidae) in Greece. *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 110, 113-120.
- 10 Bertella N., (1987). Bioécologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepedoptera, Thaumetopoeidae) dans quelques régions de l'Algérie. Thèse Magister, INA, El-Harrach, 168 p
- 11 Berretima, W., (2013). Caractéristiques écologiques et biométriques des pontes de la processionnaire dans quelques cédraies de l'Algérie du Nord Master, ENSA. El-Harrach 68p.

- 12 Biliotti E., Demolin, G.; Du Merle, P. (1965) Parasitisme de la processionnaire du pin par *Villa quinquefasciata* Wied. apud Meig. (Diptère, Bombyliidae). Importance du comportement de ponte du parasite. Annales des Epiphyties 16, 279-288.
- 13 Biliotti E., (1958). Les parasites et prédateurs de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). Entomophaga. 3(1) : 23-34.
- 14 Bonnet C., Martin J.C. (2008) Processionnaire du pin. Quand un ravageur forestier devient un problème sanitaire. Nuis. Parasit. Inf. 54, 23-25.
- 15 Boudy P. (1952) Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences Forestières Edition la maison rustique 505 p.
- 16 Bouhot-Delduc L. (2005a) Dynamique des populations de la processionnaire du pin et évolution de son aire de 1981 à 2004. In : Santé des Forêts. Paris (France) : Ministère en charge de l'Agriculture, Département de la Santé des Forêts. 6p.
- 17 Buffo E., Battisti A., Stastny M., Larsson S. (2007) Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps. Agr. For. Entomol. 9(1), 65-72.
- 18 Cadahia, D.; Demolin, G.; Biliotti, E., (1967) [*Meteorus versicolor* var. *decoloratus*, nouveau parasite de *Thaumetopoea pityocampa*]. Entomophaga 12, 355-361.
- 19 Chararas C., (1979). Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Ed.Chararas, Paris, 297 forestières. Edition la maison rustique 505 p.
- 20 Chakali G. (1985). Etude de la bio écologie de la tordeuse du Pin *Rhyacionia buoliana* Schiff. (Lepidoptera, Tortricidae) dans la région de Djelfa (Moudjebara). Thèse Mag. Inst. Nat. Agr. El Harrach. (Alger) P3.
- 21 DGF., (2004)- Programme d'Action National sur la lutte contre la Désertification. 104 p.
- 22 Dajoz R. (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- 23 Debach, P. et Rosen, D. (1991). Biological control by natural enemies- Cambridge University press, Cambridge.
- 24 Demolin G. et Abgrall, Bouhot-Delduc,(1996). Evolution de l'aire de la processionnaire du pin en France. Les cahiers du DSF 1-1996, La santé des forêts en 1996. Paris : Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires Rurales, 26-28.
- 25 Demolin, G. et Delmas, J. (1967) Les éphippigères (Orthoptères Tettigonidae) prédateurs occasionnels, mais importants de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Entomophaga, 12, 399-401.

- 26 Demolin G., (1969). Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. Ann. Sci. Forest. 26(1) : 81-102.
- 27 Demolin G., (1971). Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement social des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera) pendant la période des processions de nymphose - Répercussions sur l'efficacité des parasites. Ann. Zool. – Écol. Anim. Hors-série : 33-56.
- 28 Demolin G., (1987). La processionnaire du Cèdre: *Thaumetopoea bonjeani* Powel, Rapport Scientifique et Rapport Iconographique-Intensification de la Protection Phytosanitaire des forêts, Algérie 1986-87, Rapport FAO.
- 29 Denis et Schiffermüller (1775). Systematisches verzeichnis des schmetterlinge de wiener gegend. Wien : bernardi, 343 p.
- 30 DPAT., (2010). Annuaire statistique de la Wilaya de Sétif. pp 3, 49, 87-97. in Mihi A., (2012).
- 31 Dreux P., (1980). Précis d'écologie. Ed. Presses. Univ. France, Paris, 213 p.
- 32 Dulaurent, A. M. (2010). Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne, thèse de doctorat, Université Bordeaux I, 164 p.
- 33 Du Merle, P. (1969) Le complexe parasitaire hypogé de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). Boletín del Servicio de Plagas Forestales 13, 131-132.
- 34 El Yousfi, M. (1983). Contribution à l'étude de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dans une cédraie du Moyen- Atlas. Station de recherche forestière, Rabat, Morocco, 8 p.
- 35 Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Géol. Bot., Zool., Fac. Sc. Montpellier, 7 : pp 3-43.
- 36 Gachi M., Khémici M. et Zamoum M., (1986). Sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre *T. bonjeani* Powell (Lepidoptera, Thaumetopoeidae). Ann. Rech. Forest. Algérie I, pp : 53-63.
- 37 Geri, C. (1980) Application des méthodes d'études écologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de *Diprion pini* L. (Hymenoptère, Diprionidae). Dynamique des populations de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptère, Thaumetopoeidae) dans l'île de Corse. Thèse présentée à l'Université de Paris-Sud Centre d'Orsay pour l'obtention du grade de Docteur Es-Sciences.

- 38 Goussard, F., Saintonge, F. X. ; Geri, C., Auger-rozenberg, M.A., Pasquier-barre, F., & Rousselet, j. (1999). Accroissement des risques de dégâts de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* denis & schiff. en région centre, dû au réchauffement climatique (lepidoptera, thaumetopoeidae). Annales de la société entomologique de France, 35, 341-343.
- 39 Guerrero A., Camps F., Coll J. et Riba M., (1981). Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae). Tetrahedron Lett. 22 (21): 2013-2016.
- 40 Halimi, A (1980) : L'Atlas Blidéen, climat et étages végétaux OPU. Alger, 523 p.
- 41 Hmimina M. (1986) Stratégies d'occupation des cultures et d'hivernation chez *Helicoverpa armigera* HB (Lep., Noctuidae): essai de modélisation prévisionnelle. Thèse de Doctorat ès Sciences Université de Marseille (St Jérôme), 184 p.
- 42 Hodar J.A., Zamora R., Castro J. (2002) Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three Pinus species. Ecol. Entomol. 27, 292-301.
- 43 Hodar J.A., Castro J., Zamora R. (2003) Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warning. Biol. Conservat. 110, 123-129.
- 44 Huchon H., Demolin G. (1970) La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle, dispersion actuelle. Rev. For. Fr. XXII, n°spécial « La lutte biologique en forêt », 220-234.
- 45 Imbert C.E., (2012)- Expansion d'un ravageur forestier sous l'effet du réchauffement climatique : la processionnaire du pin affecte-t-elle la biodiversité entomologique dans les zones nouvellement colonisées. Thèse. Doc. Université D'Orléans. INRA Orléans. 197 p.
- 46 Kadik, (1983)- Contribution l'étude du pin d'alep (*Pinus halepensis* Mill) en algerie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doctorat, Univer. Pierre et Marie Curie, Paris, 261 p.
- 47 Kerdelhue C., Zane L., Simonato M., Salvato P., Rousselet J., Roques A. et al. (2009) Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species. BMC Evolution. Biol. 9 (1), 220 p.
- 48 Khairallah F. (2010). Comment lutter contre la prolifération massive de la chenille processionnaire du pin, néfaste pour la santé de l'homme, de l'animal et de la forêt, tout en respectant l'écosystème. Mémoire. Tours : Institut National de Médecine Agricole, 115 p.
- 49 Kimoto T., Duthie-Holt M. et Dumouchel L., (2006). Guide des insectes forestier exotiques. Ed. ACIA, Canada, 12 p.

- 50 Kiriakoff (1970). Lepidoptera familia thaumetopoeidae. In p. wytzman (Ed.), genera insectorum (pp. 1-54). Anvers: SPRL mercurius Schintlmeeister 2013). Notodontidae & oenosandridae (Lepidoptera). World catalogue of insects 11 (608 pp.).
- 51 Leblond A. (2009). Inventaire et évaluation des méthodes de lutte contre la *processionnaire du pin*. Mémoire Master Professionnel, Environnement-Droit. Rennes.
- 52 Martin J.C., Bonnet C., Mazet R. (2007). La processionnaire du pin : vers un contrôle écologique et raisonné. In : conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres Zones Non Agricoles. Angers (France).
- 53 Martin J.C. (2005). La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon.
- 54 Masutti, L. (1964). Ricerche sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Annali del Centro di Economia Montana delle Venezie, 4, 205-271.
- 55 Mihi A. (2012). La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection, Mémoire Mag. Univ. Ferhat Abbes Sétif. Pp.120.
- 56 Mirchev, P., Schmidt, G.H., Tsankov, G., & Pllana, S. (1999) Egg parasitoids of the processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) collected in Albania. Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura, 31, 152-165.
- 57 Montoya R. (1984). Description of a new type of trap to catch males of the pineprocessionary. Boletin de la Estacion Central de Ecologia, 13, 99-103.
- 58 Morel E., (2008). La chenille processionnaire du pin et ses parasitoïdes vers un moyen de lutte biologique, Rapport de stage, Ecol., Gest., Biodivers., Univers. Montpellier II, pp: 1-30.
- 59 Mutin G., (1977). La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606 p.
- 60 Paiva, Santos, Kerdelhue, Mateus, et Branco, (2011). Can climate change drive speciation Proceedings of the global conference on global warming, Lisbon, Portugal, pp. 779-783.
- 61 Pimentel C.S.M.G., (2004). Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea pityocampa*) and Great Tit (*Parus major*) in Portugal: Population Dynamics and Interactions. Thèse Doctorat, Univer. Nova de Lisboa, Portugal, 267p.
- 62 Ramade F. (1984). Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-hill, Paris, 397 p.

- 63 Ramade F., (2003). *Éléments d'écologie - Écologie fondamentale*. 3ème édition. 690 p.
- 64 Rivière J. (2011). *Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale*. Thèse doctorat vétérinaire, faculté de médecine de Créteil (France).
- 65 Robinet, C., Imbert, C. E., Rousselet, J., Sauvard, D., Garcia, J., Goussard, F., and Roques, A. (2011). Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biological Invasions*, 14, 1557-1569.
- 66 Roques *et al.* (2015). *Processionary moths and climate change an update*. Ed. Alain Roques Zoologie Forestière INRA, UR 0633 Orleans, France. 427 P.
- 67 Rousselet J. (2008). *La chenille processionnaire du pin et le réchauffement climatique. Vers de nouvelles méthodes de lutte contre un insecte forestier urticant qui s'invite en ville*. In : Colloque Insectes et changement climatique. Micropolis, Aveyron (France).
- 68 Rousselet J., (2011). *La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* ravageur forestier à la nuisance urbaine*. Centre de recherche d'Orléans. INRA, 2p.
- 69 Schmidt, G.H., Mirchev, P., et Tsankov, G. (1997). The egg parasitoids of *Thaumetopoea pityocampa* in the Atlas mountains near Marrakech (Morocco). *Phytoparasitica*, 25, 275-281.
- 70 Schmidt G.H., Tanzen E., and Bellin S., (1999). Structure of egg-batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. And Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae), egg parasitoids and rate of egg parasitism on the Iberian Peninsula. *J. Appl. Ent.* 123 : 449-458.
- 71 Sebti S. (2011). *Caractéristiques biologiques et écologiques de la Processionnaire, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera : Thaumetopoeidae) sur le Cedre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti dans le Parc National de Chrea*, thèse Mag, Univ. Saad Dahleb, Blida, pp : 1-128.
- 72 Seltzer, P (1946). *Le climat de l'Algérie .Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie*. Université d'Alger 217 p.
- 73 Service de l'Observation et des Statistiques, (2010). *Expansion de la chenille processionnaire du pin*. In : *Données de synthèse sur la biodiversité*. gouv.fr/uploads/media/Biodiversité_fiches_V2_04-11-01.
- 74 Tahri S. (2013). *Importance et stratégie d'échantillonnage des nids d'hiver de la processionnaire du pin dans la région d'El Bayadh*, Mémoire Mas. Eco. Nat. Agro. D'El harrach, PP. 63.
- 75 Tiberi R., Niccoli A., Curini M., Epifano F., Marcotullio M.C. et Rosati O. (1999). The role of monoterpene composition in *Pinus* ssp. needles, in host selection by the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa*. *Phytoparasitica*. 27(4) : 263-272.

- 76 Tiberi, R. (1990). Egg parasitoids of the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa* (Den and Schiff) (Lep, Thaumetopoeidae) in Italy-Distribution and activity in different areas. *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 110, 14-18.
- 77 Thomas F., Guegan J.F., Renaud F., (2007). *Ecologie et évolution des systèmes parasités*. Ed. de Boeck, Paris, pp : 162-170.
- 78 Tsankov, G., Schmidt, G.H., & Mirchev, P. (1995). Impact of parasitoids in egg-batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Dent. and Schiff.) in Algeria. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 27, 53-60.
- 79 Tsankov, G., Schmidt, G.H., & Mirchev, P. (1996a). Parasitism of egg-batches of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den & Schiff) (Lep,Thaumetopoeidae) in various regions of Bulgaria. *Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 120, 93-105.
- 80 Tsankov, G., Schmidt, G.H., & Mirchev, P. (1998) Studies on the egg parasitism in *Thaumetopoea pityocampa* over a period of four years (1991-1994) atMarikostino/Bulgaria. *Anzeiger Fur Schadlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 71, 1-7.
- 81 Tsankov, G., Mirchev, P., & Matova, M. (2006). Egg parasitoids, rate of parasitism andstructure of egg batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Shiff.) (Lep.:Thaumetopoeidae) from the region of ochrid (Republic of Macedonia). *Silva Balcanica*, 7, 77-87.
- 82 Vega J.M., Moneo I., Ortiz J.C.G., Palla P.S., Sanchis M.E., Vega J. et al. (2011). Prevalence of cutaneous reactions to the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) in adult population. *Contact Dermat.* 64, 220-228.
- 83 Wajnberg, E. et Hassan, S.A. (1994). *Biological control with egg parasitoids-* CAB International, Wallingford. Gachi M., 1994- Note sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre : *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Tepidoptera ; Thaumetopoeidae). *Ann. Rech. For. Maroc.* T(27) : 125-133.
- 84 Zahiri, Lafontaine, Schmidt, Holloway, Kitching, Mutanem, Wahlberg, (2013). Relationships among the basal lineages of Noctuidae (Lepidoptera, Noctuoidea) based on eight gene regions. *Zoologica Scripta*, 42, 488-507.
- 85 Zamoum, M., et Demolin, G. (2005). The life cycle of the pine processionary caterpillar in the bioclimatic conditions of a sub- Saharan region. In F. Lieutier et D. Ghaïoule (Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystem* (pp. 107-116). Paris: INRA.

- 86 Zamoum M., (1998). Données sur la bio écologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller (Lep., *Thaumetopoeidae*) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thèse de Doctorat, Univ des sciences de Rennes I, France, 247 p.

Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie.

Résumé. L'étude conduite sur 574 pontes de *Thaumetopoea pityocampa* en provenance des pinèdes et des cédraies du Nord de l'Algérie a mis en évidence une diversité de 4 espèces de parasitoïdes appartenant à l'ordre des Hyménoptères et au groupe des chalcidiens. Les espèces *Baryscapus servadeii* et *Ooencyrtus pityocampa* sont actifs sur les divers échantillons analysés. Les espèces *Anastatus bifasiatus* et *Trichogramma embryophagum* sont relativement très limités.

L'analyse descriptive des longueurs des pontes de la processionnaire sur le cèdre de l'Atlas a montré une signification plus conséquente (29 ± 6 mm) que celles des pontes récoltées en pinèdes à l'exception des pontes récoltées sur *Pinus pinaster* de la station d'El Kala dont la longueur moyenne est de 27 ± 6 mm. Vraisemblablement cette valeur est liée à la structure des aiguilles de la plante hôte.

Les pontes en provenance des 12 sites prospectés révèlent un nombre total de 89001 œufs, avec une moyenne de 155 ± 52 œufs par ponte. La fécondité de la population évoluant sur cèdre reste la plus conséquente à celle sur pin d'Alep. La plante hôte influe vraisemblablement sur la fécondité des femelles. Le taux de parasitisme calculé est très différents entre les localités, ne dépasse pas 15,64% dans les populations échantillonnées. Une compétition intra et interspécifique s'effectue sur les pontes de la processionnaire et qui reste discutable.

Sur la base des résultats obtenus, une alternative de lutte à base de l'espèce *Ooencyrtus pityocampa* s'avère intéressante.

Mots clés : Processionnaire, Parasitoïdes, Ponte, Pin d'Alep, cèdre, Nord de l'Algérie.

Abstract. Egg parasitoids of processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff and their importance in Pine and cedar forests in northern Algeria. This study conducted on 574 egg masses *Thaumetopoea pityocampa* from pine and cedar forests in northern Algeria has highlighted a range 4 parasitoid species belonging to the order Hymenoptera and chalcidoidae. The *Baryscapus servadeii* and *Ooencyrtus pityocampa* species are active on various samples analyzed. *Anastatus bifasiatus* and *Trichogramma embryophagum* are relatively very limited. The descriptive analysis of the lengths of egg mass of processionary on the Atlas cedar showed a more substantial meaning (29 ± 6 mm) than those egg masses harvested pine except harvested *Pinus pinaster* in the El-Kala station whose average length is 27 ± 6 mm. Presumably this value is related to the structure of the host plant needles. The eggs from the 12 sites explored revealed a total of 89,001 eggs, with an average of 155 ± 52 eggs per egg mass. Fertility of the population moving on cedar is the most consistent with that of Aleppo pine. The host plant is likely to influence the fertility of females. Parasitism rate calculated is very different between localities does not exceed 15.64% in the sampled populations. Specific competition occurs on nesting processionary and remains questionable. Based on the results, an alternative basis for control of the species *Ooencyrtus pityocampa* proves interesting.

Keywords. processionary, Parasitoids, Ponte, Aleppo pine, cedar, northern Algeria

لمصطلح. لقد أبرزت دلالة التي رجأت لعي 574 العتشيث *Thaumetopoea pityocampa* من جشأرا اصلنوبر والأزر والغباب في شمال الجزائر، مجموعة من 4 أنواع من الطفيليات، تابعة رلتية اشغبينات الأجنة مجموعة *chalcidoid*. نلأواع *Baryscapus servadeii* و *Ooencyrtus pityocampa* تنطش في خمتلف النيعات التي مـحتليلها. انلأواع *Anastatus bifasiatus* و لاطفلي *embryophagum* ه سنبيا حمدودج ةاد. التحليل الوصفي وطلل تعشيث processionary على الأزر الاطلاي سد ظأهر منعي أكثر وجرية ($29 + 6$ ملم) من تلك التي مـحتليلها في اصلنوبر الحلبي، سابنتاء اتلعشيث المتواجد بمطحة القاا ($27 + 6$ ملم) وطل متطسو. تقيوضر أن ه اذ الوطل له صلة شبكل ه و يكل ابلا ر للبنات الميضف.

فشك لنا البيتض الموخأذ من 12 عقوم ساكتف اش، ام جمموه 89001 بيعض، بعلمد $155 + 52$ بيعضي في كل تيبض. خصوبة الفصيلة التي تمنو على راجشأ الأي هزر ائكلأر اجنة من التي تمنو على راجشأ الصنوبر الحلبي.

ولعي الأجرح أن البنات المضية وئثر علخي صوبة انلاث.

عملد التطفل المحتسب يختلف كثيرا من عقوم إلى و رخا لا يتاجوز 15.64% في عنياننا. حذ دث النمسةة النبيقتو بين انلأواع على processionary العتشيث شقتي شمكوف كهبيا.

ولعي وضاء هذه النتائج، افنه جد مئقتر هالامتم، رطح بديل للسيقراط و مكحفاة la processionnaire ولذك سابتمال النوع *Ooencyrtus pityocampa*.

كلمات البحث : processionnaire، الطفيليات، بتلاييض، اصلنوبر لاطفلي، عرجش الأزر، شمال الجزائر.