

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie département des Sciences de la Nature et de vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème :

Etude de l'abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) dans une forêt du parc national de Chréa. Effet du l'extrait d'Eucalyptus sur les larves.

Présenté par :

- ❖ BOUHALA Rania
- ❖ BOUTOUATOU Sara
- ❖ KRIOUET Karima

Devant le jury :

- | | | |
|---------------------|-------|--------------|
| • BOUDJAHM Ibtissem | M.C.B | Promotrice |
| • KELLAB Rabah | M.A.A | Président |
| • Bouhekrit Moufida | M.C.B | Examinatrice |

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

*A l'issue de ce travail, nous remercions avant tout DIEU, tout puissant,
de nous avoir donné La Volonté, courage et patience pour terminer ce
travail.*

*Nous tiendrons à exprimer nos sincères remerciements au notre
encadrante Melle: **Boudjahem Ibtissem***

*Nous lui sommes très reconnaissantes pour sa bienveillance, ses précieux
conseils, sa patience
et sa disponibilité. Nous espérons qu'il trouve ici l'expression de notre
profonde gratitude.*

Nous adressons notre plus vif remerciement à :

M: kellab Rabah

D'avoir accepté de présider le jury .

M : Bouhekrit Moufida

D'avoir accepté d'examiner ce travail .

*Enfin, on souhaite exprimer toute notre gratitude à l'ensemble des
personnes, qui ont contribué largement à son aboutissement*

Dédicace

Je dédiee travail

*A mes chers parents pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien
durant toutes les étapes de ma vie.*

*A mes frères: **Boubakar.***

*A mes belles sœurs : **Safa, Nour Al houda.***

*A mon fiançailles : **Abdelhak Zitouni.***

*À mes chers amis et partenaires **Karima** et **Sara.***

A à tous ceux qui me sont chers

A moi.

Rania

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

*À mes parent **Ramdaneet Fatimeelzouhra** pour leur amour,
leur tendresse, et pour leur soutien durant toutes les étapes de
ma vie.*

*À mes frères: **Amer, Amar, Youcef, Nassreldine ,Aymen et Sid
Ali.***

*À mes sœurs **Djenat, Samihaet Ilham** Merci pour ton
encouragement, ton aide et surtout ta présence dans les
moments les plus difficiles.*

*À toute ma famille **Boutouatou et Boudeuf***

*A mon fiançailles : **Ahsen Gharbouje***

*À mes copine au travail **Rania et Karima***

*À mes amies proches : **Safa, Marwa, Imen, Soumia** pour leurs
encouragements et pour leur soutien moral et physique*

Sara

Dédicace

Je dédie ce travail à mes plus chers êtres au monde :

*A mes chère parents **Salehet Naaima** à leurs dévouements, leurs amours et leurs sacrifices, d'encouragements, sans lequel je ne serais pas ici aujourd'hui. Ce travail soit pour-ils, un faible témoignage de ma profonde affection de tendresse*

*A ma sœur **Fatima***

*A mon frère **Ziad** et à mon petit frère **Yasser***

Merci pour leurs encouragements, pour leur soutien moral et physique et leur présence dans les moments les plus difficiles

*A toute ma famille **Kriouet, Omara.***

*À mes chers amis et partenaires **Sara et Rania***

Pour les encourager et les aider tous durant ce travail.

*A Tous mes amis surtout **Saida, Mereim, Yousrade** votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin.*

A tous mes enseignants

A tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi.

Merci à tous de m'aider à devenir meilleur.

Karima

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction

I-Etude bibliographique	5
1-Présentation de la chenille processionnaire du pin	5
1-1-Généralité.....	5
1-2-Systématique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> selon Denis et Schiffermüller en 1775.....	6
1-3-Cycle de développement :.....	7
1-4-Bioécologie et particularités du cycle de la chenille processionnaire du pin .	14
1-5-Prédateurs et parasites de la chenille processionnaire	17
1-6- Distribution géographique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> :.....	18
1-7- Dégâts engendrés par la chenille processionnaire du pin ces dernières années	20
1-8- Moyens de lutte contre la chenille processionnaire du pin.....	21
2-Généralité sur le cèdre de l'atlas	25
2-1-Historique	25
2-2-Quelques caractères botaniques du genre <i>Cedrus</i>	25
2-3-Position systématique du cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> Manetti).....	26
2-4- Aires de répartition géographique du cèdre de l'Atlas	27
3-Traitement toxicologie par extrait des plantes	28
4-Généralités sur l'extraction	29
4-1-Intérêt de l'extraction.....	29
4-2-Types d'extraction	29
4-3- Applications d'une extraction.....	30
4-4-Différents méthodes d'extraction	31
5-Matériel utilisé (Soxhlet et Rotavapor).....	32
5-1- Le Soxhlet.....	32
5-2- Le Rotavapor	35
6-Généralité sur la plante utilisée « <i>Eucalyptus globulus</i> »	38
6-1- Historique	38
6-2-Classification botanique	39

6-3-Parties utilisées de la plante.....	39
6-4-Principaux composants chimiques.....	40
II-Matériel et Méthodes.....	41
1-Etude de site d'échantillonnage.....	42
1-1-Présentation de la région de Blida.....	42
1-2-Présentation de la région de Blida « Parc national de Chréa».....	45
1-3-Etude de l'abondance des nids de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	48
1-4-Dénombrement des nids.....	50
2-Extraction aqueuse.....	51
2-1-Matériels utilisés.....	53
3-Préparation des extraits aqueux.....	53
3-1-Extraction.....	54
3-2-Etapes de l'évaporation.....	56
3-3-Préparation des doses utilisées et traitement.....	56
III-Résultats.....	59
1-Indices écologiques.....	59
1-1-Forêt de Chréa dans la région de Blida.....	59
1-2-Taux d'infestation de la forêt de Chréa par les nids d'hiver :.....	59
IV-Discutions.....	65
Conclusion	
Référence bibliographiques	

Liste des figures :

N°	Intitulé	page
01	Processionnaire du pin	5
02	Les aspects morphologiques des différentes espèces	7
03	cycle biologique moyen de la processionnaire du pin	8
04	Papillon mâle (a) et femelle (b) de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	9
05	Accouplement des papillons de processionnaires du pin	9
06	Manchons de pontes de chenilles processionnaires du pin	10
07	Pontes avec jeunes chenilles	10
08	Les différents stades larvaires	11
09	Nid d'hiver	12
10	Fin de la procession et début d'enfouissement	13
11	Chrysalides mâle (à gauche) et femelle (à droite) extraites de leur cocon	13
12	Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin	17
13	Distribution géographique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> dans le monde	19
14	Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie	20
15	Défoliation causée par la chenille processionnaire du pin	20
16	calendrier de lutte contre la chenille processionnaire	21
17	Matériel nécessaire à la lutte mécanique : échenilloir à gauche, échenillage à la perche au milieu, échenillage en nacelle à droite	22
18	Piège à phéromone	23

19	Nid d'hiver ouvert en absence des chenilles processionnaires du pin	24
20	Extraction Liquide-Liquide	30
21	Extraction Solide-Liquide	30
22	L'extracteur par l'appareil de soxhlet	34
23	Rotavapor	37
24	Feuilles séchées d' <i>Eucalyptus globulus</i>	41
25	Gravure d' <i>Eucalyptus globulus</i> labill. Réalisée par	41
26	Situation géographique de la wilaya de Blida et localisation du site d'échantillonnage	43
27	Une population localisée en majorité dans la commune de Blida.	44
28	Situation générale du Parc National de Chréa	46
29	Situation géographique de la forêt de « chréa » dans la région de Blida	46
30	Forêt de « Chréar » dans la région de Chréa	48
31	Schéma général de la procédure expérimentale	51
32	les échantillons des individus les chenilles de pin	52
33	l'appareil de soxhlet utilisé dans l'extraction	53
34	Evaporateur rotatif dans le laboratoire	55
35	Extrait d'Eucalyptus	55
36	Préparation du traitement	56
37	Taux d'infestation par la chenille processionnaire du pin dans la forêt de Chréa dans la région de Blida.	60
38	Courbe de régression après 8 jours du traitement des chenilles à l'extrait d' <i>Eucalyptus globulus</i> .	63

Liste des tableaux

N°	Intitulé	page
01	Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin	18
02	Caractères botaniques et biologiques comparés de quatre espèces du genre <i>Cedrus</i>	26
03	Les richesses faunistiques du Parc national de Chréa	48
04	Données climatiques annuels des régions étudiées entre 2014- 2019.	50
05	Indices écologique de la présence des nids de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> dans la forêt de Chréa dans la région de Blida.	59
06	Taux d'infestation des arbres par les nids d'hiver de la chenille processionnaire	59
07	:Taux de Mortalité observée sur les chenilles processionnaires du pin traitées à l'extrait d' <i>Eucalyptus globulus</i> , au 8 ^{ème} jour du traitement.	60
08	Taux de Mortalité corrigée sur les chenilles processionnaires du pin traitées à extrait d'Eucalyptus, au 8 ^{ème} jour du traitement.	61
09	Transformation angulaire des taux de mortalité des chenilles processionnaires du pin traitées à l'extrait d' <i>Eucalyptus globulus</i> au 8 ^{ème} jour du traitement:	61
10	Variance des taux de mortalité des chenilles de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> traitées à l'extrait d' <i>Eucalyptus globulus</i> au 8 ^{ème} jour après traitement.	62
11	Paramètres toxicologiques, droite de régression et doses létales du traitement toxicologique à l'extrait d'Eucalyptus.	64

Résumé

La chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Dennis et Schiff., Lepidoptera: Notodontidae) est un insecte considéré comme un élément essentiel de la dynamique forestière dans de nombreuses régions. C'est le ravageur le plus destructeur des pinèdes dans la région méditerranéenne. L'insecte peut attaquer plusieurs espèces d'arbres dont le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica*), qui représente l'espèce la plus endommagée. En se nourrissant sur les feuilles, les chenilles commencent à affaiblir les conifères, en causant des défoliations à grande échelle. L'arbre se trouve affaibli et est donc plus vulnérable aux attaques d'autres ravageurs.

Nous nous sommes intéressés dans notre travail à l'étude de l'abondance et la distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin dans une forêt au niveau du parc national de chréa dans la région de Blida.

Dans le cadre de lutte contre la chenille processionnaire du pin, nous avons évalué l'effet d'un pesticide biologique sur les larves du L4. Il s'agit de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* préparé dans les conditions contrôlées à plusieurs doses.

Nos résultats ont indiqué une abondance importante des nids d'hiver au niveau du parc national de chréa mais qui reste toujours contrôlée.

Les traitements toxicologiques ont également montré un bon effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus* sur les chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* et surtout pour la dose la plus élevée (6 g/l). Les doses létales sont également estimées après 8 jours du traitement.

Mots clés : *Thaumetopoea pityocampa*, *Cedrus Atlantica*, forêt du chréa, extrait aqueux, *Eucalyptus globulus*, doses létales.

Abstract

The pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Dennis and Schiff, Lepidoptera: Notodontidae) is an insect considered to be an essential part of forest dynamics in many regions. It is the most destructive pest of pine forests in the Mediterranean region. The insect can attack several tree species, including the Atlas cedar (*Cedrus Atlantica*), which is the most damaged species. By feeding on the leaves, the caterpillars begin to weaken the conifers, causing large-scale defoliations,

The tree becomes weakened and is therefore more vulnerable to attack by other pests.

We were interested in our work in studying the abundance and distribution of winter nests of the pine processionary caterpillar in a forest at the level of the national park of chrea in the region of Blida.

As part of the fight against the pine processionary caterpillar, we evaluated the effect of a biological pesticide on the larvae of 4. This is the aqueous extract of *Eucalyptus globulus* prepared under controlled conditions at several doses. .

Our results indicated a significant abundance of winter nests at the level of the Chr  a National Park, but which is still controlled.

Toxicological treatments have also shown a good larvicidal effect of the aqueous extract of *Eucalyptus* on the caterpillars of *Thaumetopoea pityocampa* and especially for the highest dose (6 g / l). Lethal doses are also estimated after 8 days of treatment.

Keywords: *Thaumetopoea pityocampa*, *Cedrus Atlantica*, chrea forest, aqueous extract, *Eucalyptus globulus*, lethal doses.

ملخص

كاتربيلر موكب الصنوبر (Lepidoptera: *Thaumetopoea pityocampa* Dennis and Schiff.) هي حشرة تعتبر جزءاً أساسياً من ديناميكيات الغابات في العديد من المناطق. إنها أكثر الآفات تدميراً لغابات الصنوبر في منطقة البحر الأبيض المتوسط. يمكن للحشرة مهاجمة العديد من أنواع الأشجار ، بما في ذلك أرز الأطلس (*Cedrus Atlantica*) ، وهو أكثر الأنواع تضرراً. من خلال التغذية على الأوراق ، تبدأ اليرقات في إضعاف الصنوبريات ، مما يتسبب في تساقط الأوراق على نطاق واسع ،

تضعف الشجرة وبالتالي فهي أكثر عرضة للهجوم من قبل الآفات الأخرى.

كنا مهتمين في عملنا بدراسة وفرة وتوزيع الأعشاش الشتوية لصنوبر كاتربيلر موكب في غابة على مستوى منتزه الشريعة الوطني في منطقة البلدة.

كجزء من مكافحة يرقة الصنوبر ، قمنا بتقييم تأثير مبيد بيولوجي على يرقات 4. هذا هو المستخلص المائي لكرات الكافور المحضرة تحت ظروف خاضعة للرقابة بجرعات متعددة.

أشارت نتائجنا إلى وفرة كبيرة من أعشاش الشتاء على مستوى حديقة Chréa الوطنية ، ولكنها لا تزال تحت السيطرة.

أظهرت العلاجات السمية أيضاً تأثيراً جيداً في قتل اليرقات للمستخلص المائي من شجرة الكينا على يرقات ثوميتوبويا بيتيوكامبا وخاصة بالنسبة لأعلى جرعة (6 جم / لتر). كما تقدر الجرعات المميتة بعد 8 أيام من العلاج.

الكلمات الرئيسية : *Cedrus ، Thaumetopoea pityocampa* ، *Atlantica* ، غابة الكريات ، مستخلص مائي ، *Eucalyptus globulus* ، جراثيم مميته.

Introduction

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 (**Bouchou, 2015**).

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 et les terres improductives aux potentialités forestières. 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 compenser les pertes dues principalement aux facteurs de dégradations anthropiques, aux incendies, au surpâturage et à l'exploitation de la forêt (**DGF. 2004**).

Le pin d'Alep *Pinus halepensis* est l'une des espèces dominante par ses peuplements répartis sous forme de grands massifs sur l'ensemble du Nord Algérien. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie, peuplant même les zones les plus hostiles en marge du Sahara et de la steppe. Il forme des forêts importantes Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Atlantica Manetti*) est une espèce endémique de l'Afrique du Nord.

C'est une espèce qui a toujours suscité un intérêt important en raison de ses nombreuses qualités forestières ; le maintien d'un équilibre biologique, sa faible inflammabilité, sa production de bois de qualité, un port remarquable et esthétique... (**Toth, 1978 a., M'hirit, 1982., Ferrandes, 1986., Lanier, 1976**), une croissance juvénile pouvant être rapide et une tolérance face aux stress climatiques (**Boudy, 1950**).

Il est devenue la première espèce de reboisement en particulier dans les pays situés au nord de la méditerranée (**Toth, 1980**). En Algérie, les cédraies les plus importantes se trouvent dans l'Aurès, elles constituent une grande richesse du point de vue écologique, économique et esthétique dont les valeurs écologiques sont variables (**Quezel, 1986**).

Introduction

La forêt algérienne abrite une diversité biologique significative. Plusieurs organismes (insectes, plantes, champignons ...) interagissent directement ou indirectement avec les arbres et constituent des éléments naturels et intégraux des écosystèmes. La majorité de ces interactions ne causent pas de bouleversements aux arbres, mais parfois les explosions démographiques de certains d'entre eux peuvent impliquer la réduction de la croissance, la difformité et même la mort de l'arbre **(Chararas, 1977)**.

La chenille processionnaire du Pin *Thaumetopoea pityocampa*, est le principal insecte déflateur 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 aux aiguilles, les chenilles entraînent une défoliation de l'arbre souvent totale, conduisant à un affaiblissement conséquent des peuplement permettant ainsi l'installation à d'autres ravageurs secondaire, particulièrement des xylophages **(Bouchou, 2015)**.

L'effet des défoliations sur la croissance et la productivité des arbres reste mal compris, intégrant de nombreux processus éco-physiologiques au-delà d'une simple réduction de la photosynthèse **(Mecellem, 2014)**.

Le danger des insectes ravageurs devient un sujet de plus en plus préoccupant ces derniers temps. D'où la nécessité de mettre en place des méthodes de contrôle et de lutte vis-à-vis des populations impliquées **(Boudjahem, 2020)**.

L'utilisation des pesticides chimiques de synthèse est l'une des méthodes les plus efficaces dans la lutte contre les ravageurs. Ces molécules peuvent infecter l'environnement par des substances toxiques et polluantes. Il est donc nécessaire de penser à d'autres moyens de lutte d'origine naturelle comme l'utilisation des molécules biologiques contre ces insectes ravageurs **(Ngamo et al., 2016)**.

Notre expérimentation sur la chenille processionnaire du pin s'articule sur plusieurs axes principaux : En premier lieu nous avons réalisé une étude de l'emplacement des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin sur les arbres de cèdre de l'atlas dans une forêt du parc national de chréa au niveau de la wilaya de Blida.

Introduction

Nous avons ensuite réalisé une extraction aqueuse des feuilles d'*Eucalyptus globulus* au niveau du laboratoire de biologie à la faculté des sciences au niveau de l'université de Mila.

En dernier lieu est dans le cadre de l'étude toxicologique, nous avons testé l'effet de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* sur les chenilles processionnaires du pin en L4.

Etude bibliographique

I-Etude bibliographique

1-Présentation de la chenille processionnaire du pin

1-1-Généralité

Thaumetopoea Pityocampa est un lépidoptère de la famille des Notontidea. C'est un papillon nocturne à vie très brève, dont les larves sont appelées, chenilles processionnaires du pin (**Soltani et al, 1988**). Le cycle de vie de l'espèce est annuel, il commence par la ponte et se termine par le stade adulte, en passant par cinq stades larvaires et la nymphose.

La chenille processionnaire du pin, est décrite pour la première fois par Schiffer Muller en 1776, connue par le genre Bombyx (**Rivière, 2011**). En Algérie, elle est signalée pour la première fois en 1982 dans la forêt de Bélezma, dans la wilaya de Batna. Depuis, sa présence est confirmée à la suite d'investigations dans plusieurs pinèdes du pays (**Kerris, 2002**).

La chenille processionnaire du pin, *Thaumeopoea pityocampa* est l'un des principaux ravageurs des forêts du pin et du cèdre sur tous les pays du pourtour de la méditerranée (**Martin et Bonnet 2008**). Se nourrissant d'aiguilles des feuilles, la chenille au stade larvaire provoque un ralentissement de la croissance de et donc une vulnérabilité de ces arbres face aux attaques d'autres ravageurs, aboutissant dans certains cas à une mort totale de l'arbre après plusieurs d'années d'attaque (**Elie, 2009**).



Figure 01 : Processionnaire du pin (Martin, 2018).

Etude bibliographique

La processionnaire du pin s'attaque à toutes les espèces de pins et de cèdre. Son comportement alimentaire lui permet de développer des préférences d'alimentation sur une espèce au dépend d'une autre (Elie, 2009).

1-2-Systématique de *Thaumetopoea pityocampa* selon Denis et schiffermüller en 1775

Règne : *Animalia*.

Embranchement : *Arthropoda*

Classe : *Insecta*.

Super-ordre : *Endopterygota*.

Ordre: *Lepidoptera*

Famille: *Notodontidae*.

Sous-famille: *Thaumetopoeinae*.

Genre: *Thaumetopoea*.

Espèce : *Pityocampa*.

La chenille processionnaire du pin à développement larvaire hivernal, *Thaumetopoea pityocampa*, a été décrite par Denis et Schiffermüller en 1775. En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*campa* = chenille, *pityo* = pin) et *thaumetopoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto* = vénérer, *poea* = herbe).

Le genre *Thaumetopoea* contient neuf espèces, qui peuvent localement coexister et qui sont parfois difficiles à distinguer. Toutefois, il existe certaines différences morphologiques (telles que l'intensité de la couleur des ailes) et biologiques (notamment en ce qui concerne les plantes hôtes et la date d'éclosion, qui peut avoir lieu au printemps pour *Thaumetopoea bonjeani*, *Thaumetopoea pinivora*, *Thaumetopoea processionea*, ou en fin d'été pour *Thaumetopoea pityocampa*, *Thaumetopoea wilkinsoni*). Le développement larvaire est donc printanier à estival pour les trois premières espèces, et hivernal pour les deux dernières.

De récentes études ont été menées afin de caractériser l'évolution phylogénétique des différentes espèces et leurs caractéristiques cladistique (Riviere, 2011).

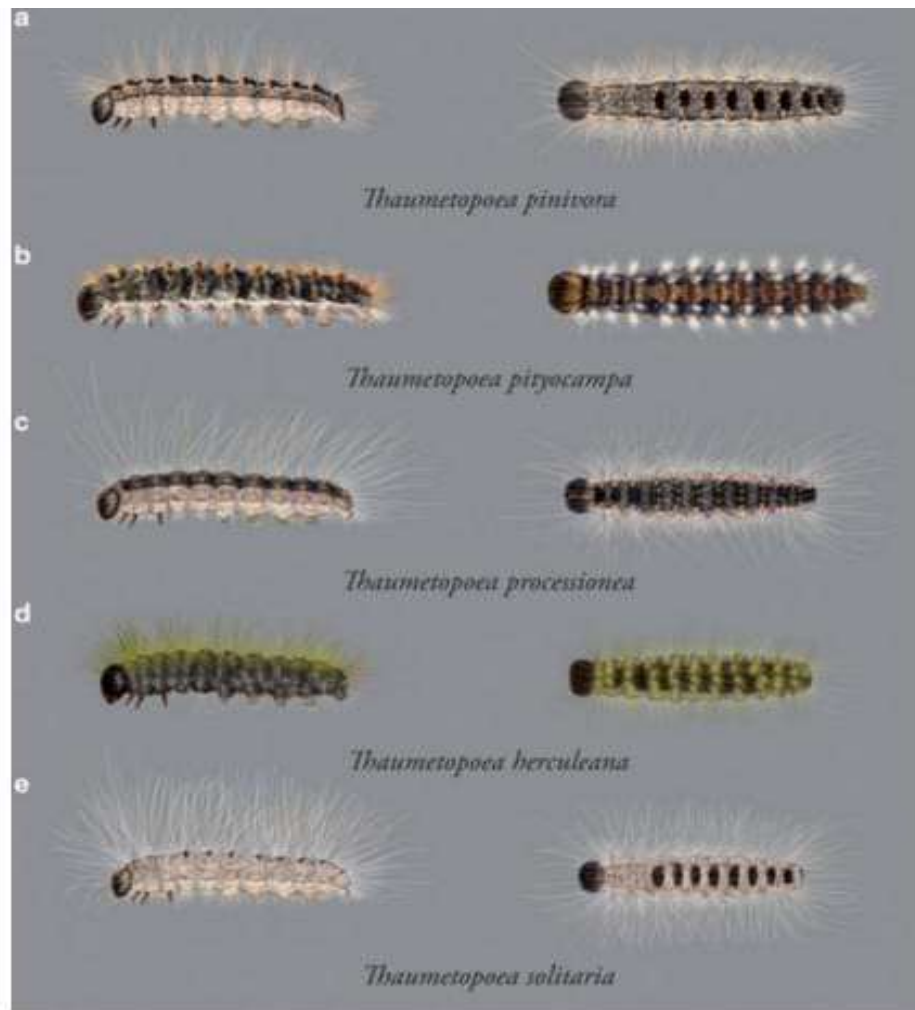


Figure 02: Les aspects morphologiques des différentes espèces du genre *Thaumetopoea*; (a) *T. pinivora*; (b) *T. pityocampa*; (c) *T. processionea*; (d) *T. herculeana*; (e) *T. solitaria*. (Gomez et al., 1986).

1-3-Cycle de développement

Le cycle de développement de la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* se divise en deux principales étapes : une phase aérienne et une phase souterraine.

Ce cycle est habituellement annuel, mais il peut se prolonger jusqu'à cinq ans selon les conditions environnementales : la température et l'ensoleillement, donc l'altitude et la latitude, peuvent en effet fortement influencer le déclenchement des différents stades (Martin, 2007).

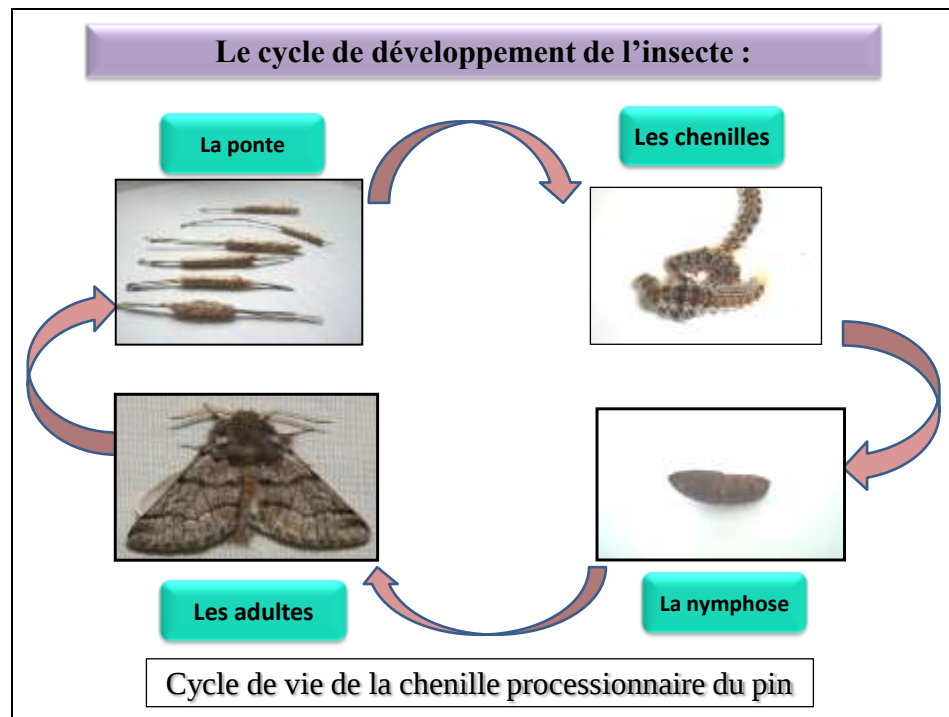


Figure 03 : cycle biologique moyen de la processionnaire du pin.

1-3-1-La phase aérienne

La phase aérienne dure cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement précédent la nymphose.

A- Les adultes

Les imagos sont des papillons nocturnes, qui sortent de terre au crépuscule au cours de l'été (de la mi-juin à mi-août). 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. Le ratio mâle/femelle est proche de 1. Ils ne s'alimentent pas et leur durée de vie est brève (un à deux jours environ), mais ils peuvent néanmoins parcourir plusieurs kilomètres (environ 3 kilomètres pour la femelle et 25 à 50 kilomètres pour le mâle) (**Riviere, 2011**). Ils sont de couleur gris clair et possèdent trois lignes transversales noires sur les ailes antérieures (ces lignes alaires sont plus marquées chez le mâle) ; les ailes postérieures sont quant à elles plus claires. Ils mesurent 30 à 35 mm et présentent un dimorphisme sexuel marqué, la femelle étant plus grosse que le mâle (**Riviere, 2011**).

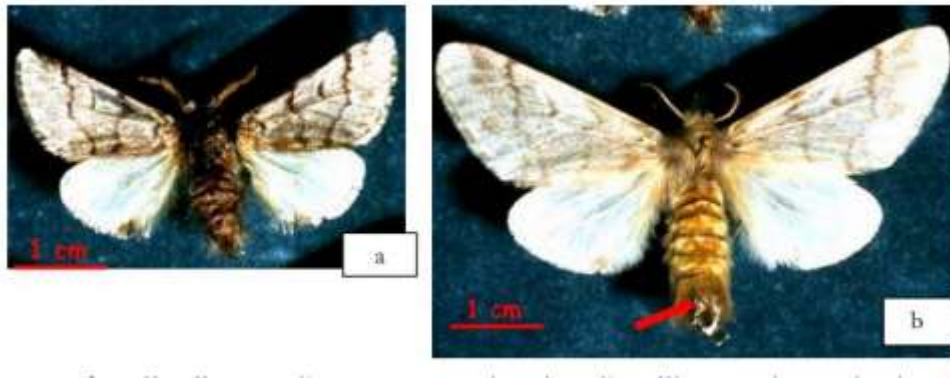


Figure 04 : Papillon mâle (a) et femelle (b) de *Thaumetopoea pityocampa* (Martin et Demolin, 2005).

La femelle dispose d'une zone productrice d'écailles sur la partie dorsale de son dernier segment abdominal (flèche rouge sur la figure 3b). Ces écailles serviront à recouvrir les œufs lors de la ponte (Riviere, 2011).

Le comportement des adultes dépend de leur sexe. Les mâles sortent de terre les premiers, une demi-heure environ avant les femelles. Après une période d'inactivité de deux à quatre heures, la femelle attire le mâle en émettant une phéromone spécifique appelée la « pityolure » ((Z)-13-hexadecen-11-ynyl), on parle de « femelle appelante » (Riviere, 2011).

L'accouplement dure environ une heure, puis les papillons s'envolent de nouveau (Fig 05). Ils meurent en un à deux jours.



Figure 05 : Accouplement des papillons de processionnaires du pin (Martin et Démolin, 2005)

Etude bibliographique

Après l'accouplement, la femelle part à la recherche du lieu idéal pour la ponte, les femelles vont se poser préférentiellement sur un pin et vont commencer à pondre autour de deux aiguilles, pendant une durée de trois ou quatre heures. La ponte forme un manchon dont la longueur est d'environ cinq centimètres contenant entre et œufs protégés par des écailles de l'abdomen maternel. Les femelles meurent quelques temps après (**Riviere, 2011**).



Figure06: Manchons de pontes de chenilles processionnaires du pin (**Lequet, 2010**).

B- Les chenilles

Quand la somme des températures moyennes journalières a atteint 780°C correspondant au cumul des températures moyennes des 30 à 45 jours après l'émergence des adultes, les chenilles L1 éclosent. La période d'éclosion va de fin juillet à la fin de septembre.



Figure07 : Pontes avec jeunes chenilles (**Martin, 2007**).

Durant leur période larvaire, les processionnaires du pin vont passer par cinq stades nommés de L1 à L5. Ils sont différenciables selon trois critères :

Etude bibliographique

- la quantité de soies (poils),
- la taille de la chenille (en longueur et en diamètre),
- la largeur de sa capsule céphalique.



Figure 08 : Les différents stades larvaires (Démolin, 2007).

Pendant toute cette phase de développement larvaire, les chenilles issues d'une même ponte vont rester groupées (**Fig 06**).

Au stade L1, les chenilles mesurent deux à trois millimètres et sont de couleur jaune. Leurs soies ornementales dorsales sont noires, tandis que leurs soies latérales sont blanches et plus longues. Leur capsule céphalique, noire, est déjà volumineuse et leur permet dès ce stade de s'attaquer à une nourriture solide et résistante. Les chenilles deviennent rousses à deuxième stade larvaire (stade L2) (**Martin, 2005**). Le nombre de soies latérales augmente significativement. Ce phénomène s'amplifie encore au troisième stade larvaire (L3) et s'accompagne de l'apparition de poils urticants, localisés à la face dorsale de certains segments abdominaux. L'appareil urticant continue à se développer au cours des deux stades suivants. Au stade L5, les chenilles mesurent quatre à cinq centimètres (**Martin, 2005**). A chaque changement de stade larvaire, les chenilles entrent dans une période de mue où elles cessent de s'alimenter.

La construction de « nid » commence dès la sortie des chenilles L1. Celles-ci tissent un entrelacement de soie très fin tout autour de la ponte aussi appelé « pré-nid » (**Dajoz, 1998**).

Elles commencent à se déplacer la nuit pour s'alimenter pouvant aussi changer de lieu de regroupement. Elles partent se nourrir en procession. Des fils de soies écrêtés depuis leur sortie du nid leur permettent de retrouver facilement celui-ci. Cette

Etude bibliographique

alimentation nocturne est réglée sur la période d'obscurité (**Burjeron, 1972**). Mais dans des cas exceptionnels, comme la surpopulation ou des températures nocturnes trop froides, l'alimentation peut se faire pendant la période diurne (**Burjeron, 1972**). Dès l'arrivée des premiers froids, la colonie commence la construction du nid d'hiver (**Fig 09**) qui va permettre la survie du groupe (**Demolin, 1967**).



Figure 09 : Nid d'hiver (Martin, 2007).

L'élaboration du nid d'hiver est très hiérarchisée (**Demolin, 1967**) comprenant deux enveloppes superposées, une interne d'épaisseur importante et une externe plus lâche, qui a un rôle de superstructure. Aucun orifice de sortie n'est prévu, les chenilles doivent faire leur passage à travers les mailles du tissage. Le nid d'hiver est un radiateur thermique captant les rayons du proche infrarouge émis par le soleil. On peut noter une élévation de température de 1,5°C par heure d'insolation (**Demolin, 1969**).

1-3-2-La phase souterraine

La phase aérienne se termine par la procession de nymphose qui a lieu de février à mai, et peut durer jusqu'à six jours. La chenille de tête est une femelle (**Demolin, 1971**). Elle se dirige vers un terrain qui est ensoleillé et meublé. Les chenilles de la procession se regroupent et l'enfouissement peut commencer (**Fig 10**). Elles peuvent aller de 5 à 20 cm sous terre. Si les conditions d'espace et de température ne sont pas réunies, les chenilles peuvent ressortir pour chercher une zone plus propice.



Figure10: Fin de la procession et début d'enfouissement (**Martin, 2007**).

La phase souterraine peut alors commencer. Elle peut durer de quelques jours à plusieurs mois de mars à juillet. Une fois sous terre, les chenilles tissent autour d'elles un cocon de nymphose et arrêtent leur développement. Dans les régions méditerranéennes, il reprend activement quelques semaines avant l'émergence des adultes. Quand les conditions sont défavorables, en cas de sols secs par exemple, la diapause peut être prolongée et peut durer jusqu'à cinq ans (**Markalas, 1989**). Cette variabilité est un problème important pour l'organisation de la lutte contre la processionnaire du pin. Une quinzaine de jours après l'enfouissement, les chenilles tissent des cocons individuels, dans lesquels elles se transforment en chrysalides, c'est la nymphose.



Figure11 : Chrysalides mâle (à gauche) et femelle (à droite) extraites de leur cocon (**Boutchiche et Boutrigue 2016**).

Quelques jours plus tard a lieu la diapause, arrêt de développement caractérisé par une diminution notable du métabolisme. Lors de cette période, les chrysalides peuvent résister à de fortes températures (jusqu'à -40°C) sans altération. La durée de cette phase est variable. Le cycle de développement de la chenille processionnaire du pin

Etude bibliographique

est habituellement annuel : ainsi, la durée de la diapause «s'adapte » à celle du développement larvaire, pour que le cycle s'achève sur l'année (**Fig 11**). Par exemple, 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. Toutefois, si les conditions environnementales sont particulièrement défavorables (température très élevée ou très basse, sol très sec,...), la période de diapause peut se prolonger une à plusieurs années (parfois jusqu'à cinq ans) : on parle alors de diapause prolongée (**Battisti, 2005**). Le taux de diapause prolongée, proche de zéro en région méditerranéenne où le climat est favorable au développement larvaire des chenilles, peut atteindre 100% dans les montagnes corses, en raison des conditions climatiques particulières dans cette zone. La diapause terminée, s'ensuit une reprise métabolique importante. L'adulte sera prêt à sortir de terre, une fois sa morphogenèse achevée, environ un mois plus tard (**Battisti, 2005**).

1-4-Bioécologie et particularités du cycle de la chenille processionnaire du pin

L'étude de la bio-écologie des chenilles processionnaires du pin permet de considérer les zones et les périodes à risque pour la faune et la flore, éléments indispensables pour le choix d'un plan de lutte efficace.

1-4-1-Plantes hôtes

La chenille processionnaire du pin est phytophage : elle se nourrit des aiguilles de pins. Il est possible d'établir une classification des arbres hôtes, selon les préférences de la chenille processionnaire (**Martin, 2005**) :

- 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* Carr.).
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Rich.).
- Douglas (*Pseudotsu gamenziei* Mirb.).

Etude bibliographique

-Sapin (*Abies concolor* Lindl).

C'est la femelle, lors de la ponte, qui réalise cette distinction entre les diverses espèces d'arbres. Le diamètre est le critère principal : le diamètre idéal est de 1,5 à 2 mm (ce qui correspond à deux fois la longueur des trois articles du tarse des pattes postérieures du papillon) et le support recherché doit être rugueux afin de permettre une attache optimale des griffes. Des études ont également montré que le choix de l'arbre hôte dépendait de la présence de substances volatiles émanant des tissus des aiguilles, comme le limonène **(Martin, 2005 in Tibéri 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 femelle ne dispose que d'une à deux heures afin de trouver le support idéal. Passé ce délai, elle choisit ensuite des supports de plus en plus défavorables (jusqu'aux rameaux de cèdre). De plus, elle est capable de voler sur une distance de quelques kilomètres seulement depuis son lieu d'émergence (environ 3 kilomètres) **(Hodar et al., 2002)**.

1-4-2-Incidence de facteurs écologiques

De nombreux facteurs peuvent influencer le cycle de développement de *Thaumetopea pityocampa*, en particulier l'ensoleillement et la température **(Riviere, 2011)**.

A- 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.

La photopériode joue également un rôle prépondérant dans le cycle de *Thaumetopoea pityocampa* : en effet, les chenilles processionnaires s'alimentent la nuit, lorsque les températures sont basses, et se regroupent dans la journée pour digérer **(Riviere, 2011)**.

B- Température

Les chenilles processionnaires du pin sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustre la construction et l'orientation

Etude bibliographique

du nid d'hiver, permettant d'allier l'effet de masse (atténuation de fortes variations de température par regroupement de nombreux individus) et insolation maximale (Riviere, 2011).

Il existe cependant des seuils critiques de température à ne pas dépasser. En effet, une température excédant les 32°C peut causer la mort de nombreux individus ou faciliter l'installation de maladies épidémiques sur les œufs ou les larves. L'optimum de développement se situe entre 20 et 25°C, ce qui explique le développement hivernal de *Thaumetopoea pityocampa*. 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 (altitude élevée ou latitude nordique par exemple) et plus les adultes pourront émerger précocement (Riviere, 2011).

Le seuil critique inférieur, température basse à laquelle les chenilles meurent, est de -7°C pour un individu isolé, mais il est diminué à -16°C lorsque les chenilles sont regroupées, grâce à l'effet bénéfique du rassemblement des individus (effet de masse) (Hoch et al., 2009).

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, car celles-ci ne sortent pas s'alimenter (Buffo et al., 2007).

C- Altitude et latitude

La durée du développement larvaire varie donc selon trois principaux facteurs : la température (et l'amplitude thermique), la radiation globale et la photopériode. Grâce à ses observations, Démolin a élaboré en 1969 un abaque synthétique représentant la date de déclenchement et la durée des différentes phases du cycle en fonction de la latitude ou de l'altitude. 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.

Etude bibliographique

De plus, de récentes études ont révélé que la fécondité de la chenille processionnaire du pin augmentait avec la latitude. L'hypothèse émise est que dans des conditions climatiques peu favorables, il est important pour la survie de l'insecte que la colonie soit de grande taille, car cela lui confère un avantage pour la thermorégulation (par effet de masse) et la construction du nid (**Pimentel et al., 2010**). La ponte d'une femelle conduisant à la formation d'une colonie à part entière, il est donc compréhensible que la femelle pondre plus d'œufs en haute altitude ou latitude, afin de favoriser la survie de la colonie. La variation de la fécondité peut ainsi être due à la spécificité d'hôte, à la latitude et à la moyenne des températures hivernales (**Pimentel et al., 2010**).

Une étude a également récemment montré que la taille des colonies intervenait dans les processus de thermorégulation (gain de température plus élevé chez les colonies de grande taille) et dans la protection contre les prédateurs (araignées, fourmis) (**Ronnas et al., 2010**).

1-5-Prédateurs et parasites de la chenille processionnaire

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 (**Fig 12**), (**Tab01**).

Etude bibliographique

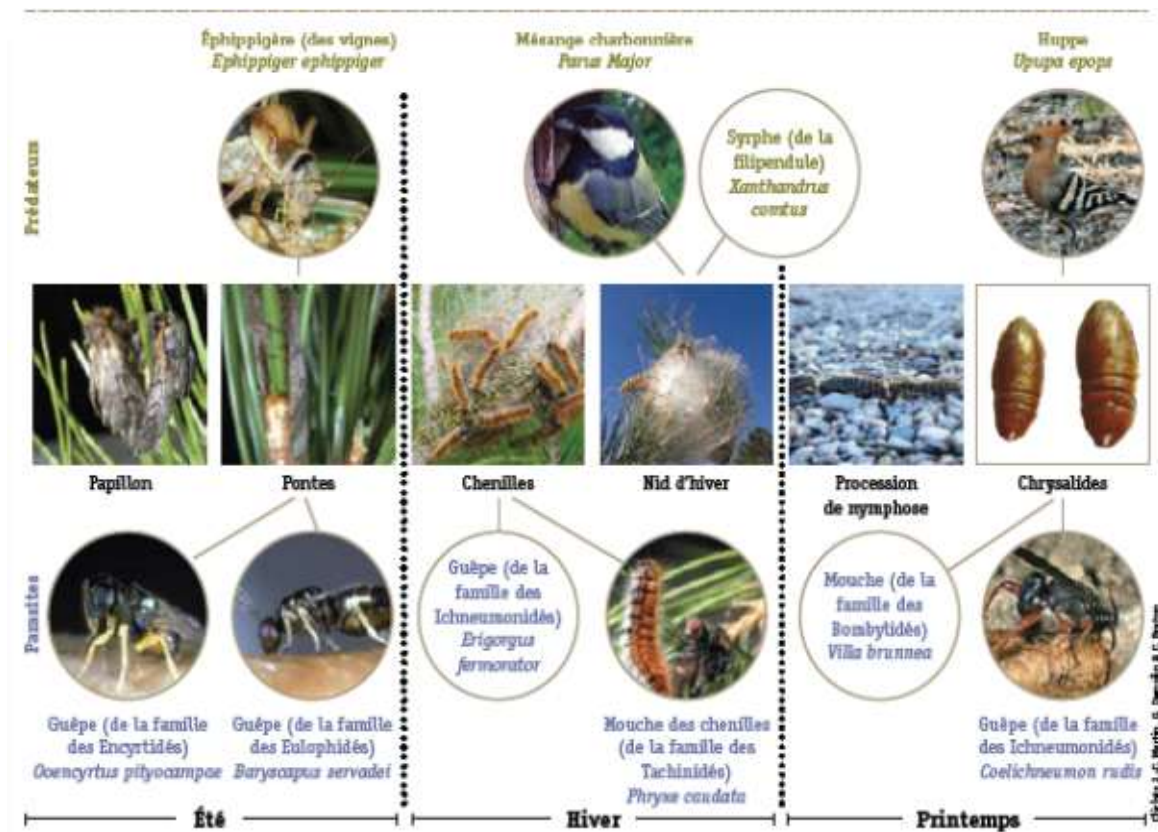


Figure 12 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin (Bonnet et al, 2008).

Etude bibliographique

Tableau 1 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin (Bonnet et al, 2008).

Liste (non exhaustive) des ennemis de la processionnaire du pin				
Stades	Oeufs	Chenilles	Chrysalides	Papillons
Prédateurs	Ephippigère (des vignes) (<i>Ephippiger ephippiger</i> Fi. (1))	-Syrphe (de la filipendule) (<i>Xanthandrus comus</i> Harr. (2)) -Coucou geai (<i>Clamator glandarius</i> L. (4)) -Mésange charbonnière (<i>Parus major</i> L. (4))	La Huppe (<i>Upupa epops</i> L. (4))	Chauves-souris insectivores (7)
Parasites	-Guêpe (solitaire) de la famille des Encyrtidés (<i>Ooencyrtus pityocampae</i> Mer. (3)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Eulophidés (<i>Baryscapus servadei</i> Dom. (3)) -Trichogrammes : chalcidiens de la famille des Trichogrammatidés (<i>Trichogramma</i> sp. (3))	-Mouche des chenilles de la famille des Tachinidés (<i>Phryxe caudatata</i> Rond. (2)) -Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (<i>Erigorgus femorator</i> Aub. (3)) -Mouches de la famille des Tachinidés (<i>Comptosia concinnata</i> Meig. (2) et <i>Ctenophorocera pavidata</i> Meig. (2)) -Mouche de la famille des Exoritinés (<i>Exorista segregata</i> Rond. (2)) -Guêpes (solitaire) de la famille des Braconidés (<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 Pteromalidés (<i>Conomorium erimata</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

1-6-La distribution géographique de *Thaumetopoea pityocampa*

La répartition géographique de la chenille processionnaire du pin dépend de plusieurs facteurs écologiques, tels que l'ensoleillement, la photopériode, la température, l'altitude et la latitude. Grâce à l'effet du réchauffement climatique, l'expansion de la chenille processionnaire du pin en Europe a remarquablement progressée en 2003, pour atteindre les alpes italiennes (Battisti et al., 2005).

Certaines zones géographiques sont plus favorables que d'autres au développement des chenilles processionnaires du pin. Les facteurs climatiques (gel, chaleur...).

Etude bibliographique

la présence des prédateurs et des parasites, ainsi que la quantité et la qualité des ressources alimentaires jouent un rôle important dans la distribution géographique de l'insecte (**Robinet et al., 2013**).

La chenille processionnaire du pin peut s'adapter aux conditions climatiques défavorables dans certaines régions et peut même améliorer la phénologie de son cycle de vie afin de survivre (**Robinet et al., 2013**).

❖ Dans le monde

La processionnaire du pin est originaire du sud de l'Europe et des pays méditerranéens. Elle est présente dans toute l'Europe et dans certaines régions d'Asie. Le papillon de nuit a récemment été introduit en Grande-Bretagne en 2005 (**Groene et Meurisse, 2012**) (**Fig 13**).

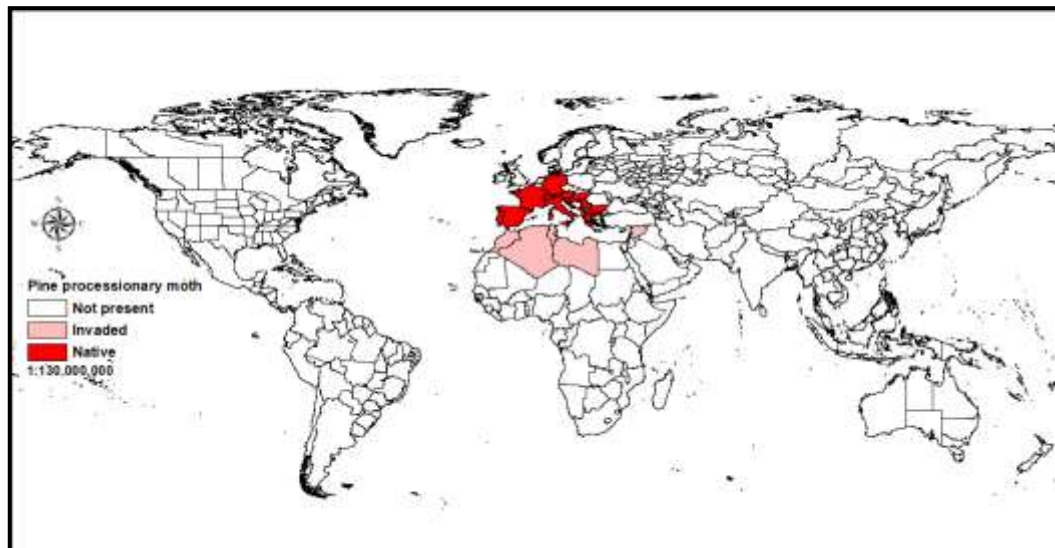


Figure 13 : Distribution géographique de *Thaumetopoea pityocampa* dans le monde (**Zamoum, 1986**).

❖ En Algérie

Sa première découverte en Algérie est enregistrée dans la forêt de Bélezma dans la région de Batna. Après, son aire de répartition s'est remarquablement étendu sur des jeunes plantations dans tout le territoire national (**Demolin, 1988**). Des examens d'enquêtes et des suivis de l'insecte dans le territoire national montrent clairement que l'ampleur de l'infestation par la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) présente un vrai danger pour l'environnement (**Zamoum et al., 2007**) (**Fig14**).

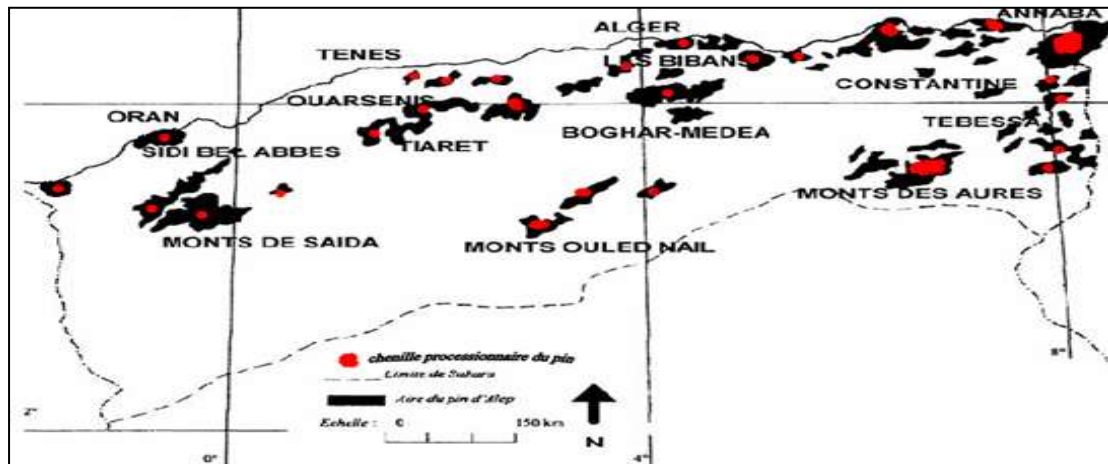


Figure 14 : Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie. (Zamoum, 1986).

1-7-Les dégâts engendrés par la chenille processionnaire du pin ces dernières années

Les dégâts de la chenille processionnaire du pin sont à la fois économiques, écologiques et sanitaires. Ses défoliations sont de plus en plus remarquables dans les grandes forêts et les jeunes reboisements de pin et de cèdre (Carus, 2004, Battisti 1988., Jactel et al., 2012., Raymond, 2009). La présence des nids dans les plantations des forêts de production, des parcs et des jardins publics, est de plus en plus gênante et aurait même causé la migration d'autres espèces cohabitantes (Rivière 2011). C'est également un problème de santé publique qui peut développer des dégâts chez l'être humain et les animaux (Martin et Jambois, 2016) (Fig15). A cause de ses poils urticants, la chenille processionnaire du pin occasionne des allergies pouvant causer des lésions cutanées et oculaires, et plus rarement, des détresses ou insuffisances respiratoires et des réactions anaphylactiques, ainsi que des atteintes buccales marquées chez les animaux (Rivière, 2011).



Figure 15 : Défoliation causée par la chenille processionnaire du pin

Etude bibliographique

1-8-Les moyens de lutte contre la chenille processionnaire du pin

La lutte contre la chenille processionnaire du pin a pour principal objectif de maintenir les populations à des niveaux tolérables, afin de protéger la santé humaine et animale ainsi que les peuplements forestiers (**Martin et Jambois, 2016**). Il existe plusieurs types de mesures de lutte contre ce ravageur (**Fig 16**).

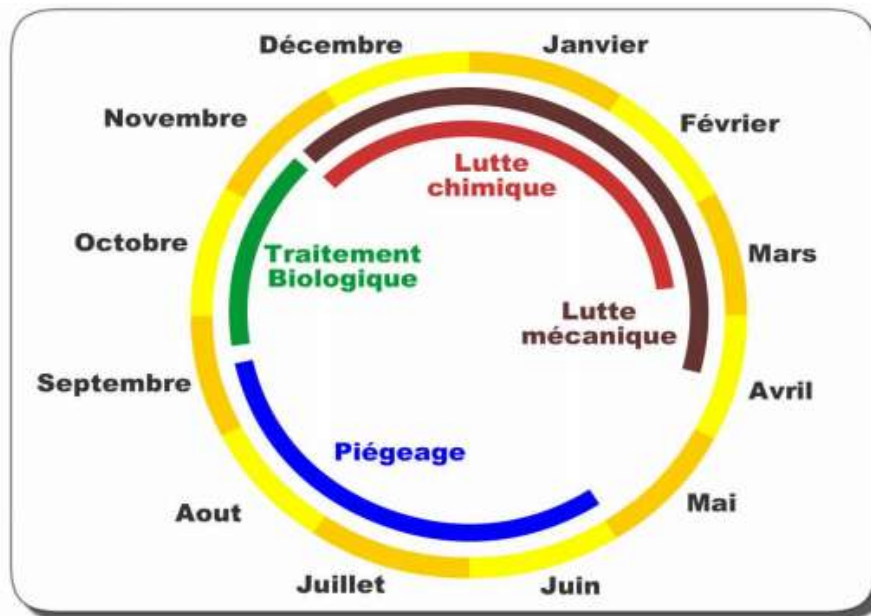


Figure16: calendrier de lutte contre la chenille processionnaire (**Martin, 2009**).

➤ La lutte mécanique

C'est une méthode qui se réalise sur terrain, et qui consiste à enlever et détruire manuellement les nids de la chenille processionnaire du pin dès leur apparition (**Martin et Brinquin, 2017**). Cette méthode est réalisée sur les jeunes plantations du pin, et sur les petites surfaces dans les parcs et les jardins (**Martin et Bonnet, 2008**).

Les nids enlevés doivent être détruits par incinération, afin d'éviter la dispersion des poils urticants et d'être contaminé (**Rivière, 2011**).



Figure17: Matériel nécessaire à la lutte mécanique : échenilloir à gauche, échenillage à la perche au milieu, échenillage en nacelle à droite

(Boutchiche et Boutrigue, 2016).

➤ Lutte chimique

Cette technique de lutte, très utilisée jusqu'au début des années 1990 (70 % des surfaces traitées en 1992 /1993, **(Martin, 2005)**), est de moins en moins employée. En effet, les produits utilisés sont soumis à une réglementation stricte et doivent être homologués : les molécules actuellement autorisées sont le Diflubenzuron (famille des benzoyl-urées, analogue hormonal agréé pour les forêts de conifères, arbres et arbustes d'ornement) et la Bifenthrine (famille des pyréthrinoïdes, agréée pour les arbres et arbustes d'ornement), la Deltaméthrine (famille des pyréthrinoïdes) étant interdite depuis le 30 avril 2009. Ces substances sont vaporisées sur les arbres par voie aérienne ou terrestre en période hivernale (de novembre à mars), se fixent sur les feuilles et sont ingérées par les larves. Ainsi, les chenilles des stades L1 à L4 peuvent être touchées, et meurent la mue suivant l'ingestion. Les adultes, quant à eux, ne meurent pas, mais pondent des œufs qui n'éclosent pas **(Martin, 2005)**.

➤ La lutte biologique

Après une longue utilisation des pesticides chimiques dans la lutte contre les insectes ravageurs, représentée généralement par des régulateurs de croissance, des inhibiteurs de mue et des perturbateurs du développement larvaire des insectes, comme le « Diflubenzuron » « la Bifenthrine » la « Deltaméthrine » **(Rivière 2011)**, et à cause des effets néfastes de ces molécules sur la nature, les entomologistes ont commencé ces dernières années à s'intéresser à l'utilisation de nouvelles molécules

Etude bibliographique

biologiques protectrices de l'environnement et fiables dans les processus toxicologiques contre ces ravageurs. Le *Bacillus thuringiensis* kurstaki (BtK) est l'insecticide biologique le plus utilisé contre les chenilles processionnaires du pin. Le traitement aérien se réalise dès les premiers stades larvaires de l'insecte (**Martin et Bonnet, 2008**). Cette méthode a l'avantage d'être spécifique aux lépidoptères, et de respecter la nature et préserver la santé des êtres vivants (**Martin et Brinquin, 2017**).

➤ La lutte sylvicole et la gestion des paysages

Cette méthode consiste à améliorer la biodiversité des peuplements et de suivre et contrôler l'infestation par la chenille processionnaire dans la nature ainsi qu'introduire de nouvelles espèces végétales pouvant réduire l'attaque de l'insecte. (**Martin et Brinquin, 2017**). Il est connu que l'implantation de quelques espèces végétales autour des arbres de pin, peut réduire la colonisation par la chenille processionnaire (**Martin et Bonnet, 2008**).

➤ La lutte par phéromones sexuelles

La phéromone sexuelle est une substance émise par la femelle lors de la saison de l'accouplement, et le piégeage consiste dans ce cas à placer une surface sensible contenant une phéromone de synthèse dans un espace naturel, afin de capturer un maximum de papillons mâles (**Martin et Bonnet, 2008**) (**Fig 18**). La méthode de piégeage a l'avantage d'être également spécifique à la chenille processionnaire du pin, et d'être utilisée au stade adulte (**Rivière, 2011**). Ensuite une destruction des papillons capturés dans les pièges placés, est nécessaire à la fin de chaque procédure (**Martin et Brinquin, 2017**).



Figure 18 : Piège à phéromone (Martin, 2006).

Etude bibliographique

➤ La lutte par les ennemis naturels

Malgré son efficacité, c'est la méthode la moins utilisée dans la nature. A cause de son comportement défensif, peu d'espèces peuvent résister au caractère urticant de la chenille processionnaire, à quelque exception, comme celle de la mésange bleu, qui est un oiseau prédateur des chenilles de la processionnaire, non influencés par ces poils urticants (**Martin et Bonnet, 2008**). L'implantation des nichoirs des mésanges dans les milieux infestés par la chenille au début des stades larvaires peut réduire sa présence d'une façon très efficace (**Martin et Brinquin, 2017**).



Figure 19: Nid d'hiver ouvert en absence des chenilles processionnaires du pin
(Photo personnelle).

Etude bibliographique

2-Généralité sur le cèdre de l'atlas

2-1-Historique

L'ensemble des études palynologiques montre que parmi les espèces arborées, deux espèces ont joué un rôle important dans les écosystèmes durant l'Holocène : *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex*. Des pollens à Tigalmamine et Sidi Ali au moyen Atlas marocain, ont prouvé que *Cedrus atlantica* est apparu rudement après 7000 ans.

Un prélèvement de pollen à Ifrah, situé également dans le moyen Atlas a prouvé que le cèdre de l'Atlas était présent tout au long de la période glaciaire, mais en fait, tôt avait régressé pendant l'holocène. Une hypothèse est que la température d'hiver était trop élevée pendant l'holocène, c'est ce qui a empêché son expansion (**Semah Et Miskovsky, 2004**).

Sa répartition ne fut pas toujours celle que nous connaissons actuellement. Toutefois le cèdre existait -dans l'ensemble du nord du bassin circumméditerranéen, dans de très nombreuses stations européennes à l'époque du mio-pliocène, avant le déplacement vers le Sud de la végétation méditerranéenne, ainsi que l'ont prouvé les analyses polliniques de sédiments (**Pons ,1964 In Toth, 1980**).

2-2-Quelques caractères botaniques du genre *Cedrus*

Le genre *Cedrus* comprend quatre espèces qui sont : *Cedrus libani* (cèdre de Liban), *Cedrus brevifolia* (cèdre de Chypre), *Cedrus atlantica* Manetti et *Cedrus deodara* (espèce himalayenne). Ce genre se distingue des autres espèces des pinacées par la présence de deux sortes de rameaux, les uns sont courts (mésoblastes), portant des aiguilles persistantes rassemblées en rosettes, portés par d'autres de longueur normale (auxiblastes) garnis d'aiguilles disposées en spirale (**Toth, 2005**). Le même auteur ajoute que les aiguilles du cèdre sont persistantes, et que leur durée de vie est de trois ans. Cependant chaque année 1/3 des aiguilles tombent et sont renouvelées.

Le genre *Cedrus* porte des cônes constitués d'écailles disposées en spirale ; les cônes mâles et femelles sont séparés, mais portés par le même spécimen (plante monoïque). De nombreux chercheurs ont fait la description des quatre espèces constituant le genre *Cedrus* et des comparaisons entre elles. Cependant ils ont appréhendé plusieurs différences (**Anonyme 04**). Quelques-unes de ces dernières ont été résumées dans le tableau suivant :

Etude bibliographique

Tableau 02 : Caractères botaniques et biologiques comparés de quatre espèces du genre *Cedrus* (Farjon, 1990 Et Toth, 2005 In Emile Rohe, 2007).

Espèce	<i>C. atlantica</i>	<i>C. libani</i>	<i>C. brevifolia</i>	<i>C. deodara</i>
Taille des aiguilles (cm)	1 à 2,5	1 à 3,5	0,5 à 1,5	2 à 6
Cônes - longueur (cm) - diamètre (cm)	5 à 8 3 à 5	8 à 12 3 à 6	5 à 10 3 à 6	7 à 13 5 à 9
Graines -longueur (cm) - envergure (cm)	0,8 à 1,3 2.5 à 3.5	1 à 1.4 3.5 à 4	0.8 à 1.4 3 à 4	1 à 1.5 3. 5 à 4.5
Période de pollinisation	mi-septembre	mi-septembre	Début novembre	Début novembre
Durée de maturité	2 ans	2 ans	2 ans	1 an

2-3-Position systématique du cèdre de l'Atlas (*cedrus atlantica* Manetti)

Le cèdre de l'Atlas (*cedrus atlantica*), est l'une des quatre espèces du genre *Cedrus*.

Sa systématique est la suivante :

Embranchement: *Spermaphytes*.

Sous embranchement : *Gymnospermes*.

Classe : *Vectrices*.

Ordre : *Coniférales*.

Sous ordre :*Abiétales*.

Famille : *Pinacées*.

Sous famille :*Abiétéés*.

Genre : *Cedrus*.

Espèce : *atlantica*.

Etude bibliographique

2-4-Les aires de répartition géographique du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas est une espèce originaire des montagnes du Nord-africain. Son aire naturelle s'étend au Maroc en deux Blocs (le Rif et le Moyen et Haut Atlas Oriental) et en Algérie principalement sur l'Atlas tellien et l'Atlas Saharien.

L'aire naturelle du cèdre de l'Atlas en Algérie, est moins importante que celle du Maroc. En Algérie, le cèdre se présente en peuplements très dispersés occupant une surface d'environ 30.000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente **(Nedjahi, 1988 In Houamel, 2012)**.

Le premier, est l'ensemble méridional adapté à une forte sécheresse d'été **(Gaussen, 1967 In Krouchi, 2010)**. Il comprend les cédraies des Aurès couvrant 17450 ha, dont les principaux massifs sont : Belezma (8.100 ha) à l'Ouest ; le Chilia, le Sgag, l'Aidel...etc. et aussi les cédraies du mont du Hodna (8.000 ha) prolongent à l'ouest **(Derridj, 1990)**.

Le second ensemble est le septentrional dans l'Atlas Tellien humide **(Gaussen, 1967 In Krouchi, 2010)**. Il comprend les massifs des Babors, avec 1.300 ha environ, le massif du Djurdjura avec 2.000 ha regroupant la cédraie de Tala-Guilef sur le flan Nord- Ouest, celle des Ait- ouabane sur le flan Nord-Est et enfin la cédraie de Tikjda sur le versant Sud. Aussi les cédraies de l'Ouarsenis et celle de l'Atlas Blidéen, elles occupent respectivement environ 1.500 ha et 1.000 ha **(Derridj, 1990)**.

Etude bibliographique

3-Traitement toxicologie par extrait des plantes

On indique par un produit toxique, un composé qui peut nuire à la santé des organismes vivants, en particulier à celle des êtres humains (**Glomot, 1986 ., Reichel et al., 2004**).

L'effet d'un toxique dépend toujours de l'espèce et de la dose, selon leur origine, on distingue les toxiques synthétiques et les toxiques naturels (toxine) provenant des microorganismes, des animaux ou des plantes (**Reichel et al., 2004**).

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes.

Les biopesticides, ou pesticides biologiques, comprennent plusieurs types de méthode de lutte contre les ravageurs et maladies, faisant appel à des relations de prédation, de parasitisme ou d'action chimique. Le terme a été historiquement associé à la lutte biologique - et par voie de conséquence - à la manipulation d'organismes vivants. Les positions réglementaires peuvent être influencées par les perceptions du public (**Lacey et Kaya, 2007**).

Dans l'Union européenne, les biopesticides sont définis comme « une forme de pesticides basée sur des micro-organismes ou des produits naturels ».

Ax États-Unis, l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA, Environmental Protection Agency) indique qu'ils « comprennent des substances pesticides d'origine naturelle (pesticides biochimiques), des micro-organismes pesticides (pesticides microbiens), et des substances pesticides produites par les plantes contenant du matériel génétique ajouté (protectants plant-incorporated ou PIP) » (**Lacey et Kaya, 2007**).

Ces produits sont typiquement produits par la culture et la concentration d'organismes naturels ou de leurs métabolites, dont des bactéries et autres microbes, des champignons, des nématodes, des protéines, etc. Ils sont souvent considérés comme des éléments importants des programmes de lutte intégrée, et ont reçu beaucoup d'attention pratique comme substituts des produits phytosanitaires chimiques. Au Royaume-Uni, un ouvrage, *The Manual of Biocontrol Agents* (2009 : précédemment *Biopesticide Manual*), passe en revue les insecticides biologiques

Etude bibliographique

disponibles (et d'autres produits de lutte de type biologique) (L.G. Copping)
(Anonyme02).

Etude bibliographique

4-Généralités sur l'extraction

L'extraction est une opération qui consiste à séparer certains composés d'un organisme végétal selon diverses techniques (**Herodez et al., 2003**). Il s'agit dans notre étude d'extraire des substances (composés phyto-chimiques) présente dans un solide (mélange de poudres de feuilles sèches) pour la faire passer dans un solvant liquide (chloroforme, méthanol et eau) (**Herodez et al., 2003**).

4-1-Intérêt de l'extraction

Le but de l'extraction est d'isoler une ou plusieurs molécules à partir d'un organisme. Ainsi, la découverte de nouveaux médicaments peut passer par l'étude de ces substances naturelles et si une molécule se trouve être performante dans un domaine précis, elle pourra faire l'objet d'une commercialisation sous forme de médicament (**Anonyme03**).

4-2-Les types d'extraction

L'extraction consiste à traiter un mélange homogène ou hétérogène de liquides ou de solides par un solvant pur dans le but d'en extraire un constituant solide ou liquide. Quand le mélange est simplement mis en contact avec un solvant approprié, on parle d'extraction discontinue. Quand le mélange de composés est traité par un solvant approprié, continuellement purifié par distillation, on parle d'extraction continue.

(**Melecchi et al., 2002**).

- **Extraction Liquide-Liquide**

L'extraction liquide-liquide est la plus simple des méthodes de séparation. Elle consiste à faire passer des métabolites (solutés) dissous dans une phase liquide, dans une seconde phase liquide non miscible avec la première (**Bouزيد et al., 2011**).

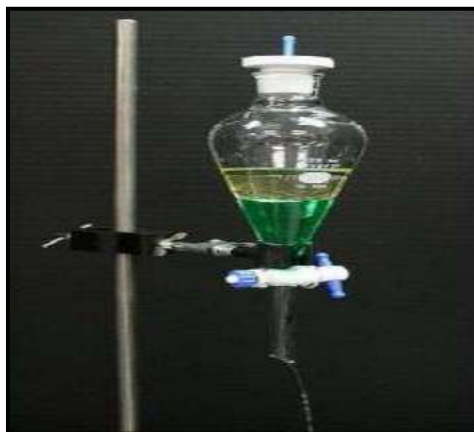


Figure20 : Extraction Liquide-Liquide(**Anonyme05**).

- **Extraction Solide-Liquide**

Extraction solide-liquide L'extraction solide-liquide est une opération de transfert de matière entre une phase qui contient la matière à extraire «solide», et un solvant d'extraction «liquide». Le but de cette opération est d'extraire et de séparer un ou plusieurs composants mélangés à un solide dans un solvant (**Bonnaillie et al., 2012**).

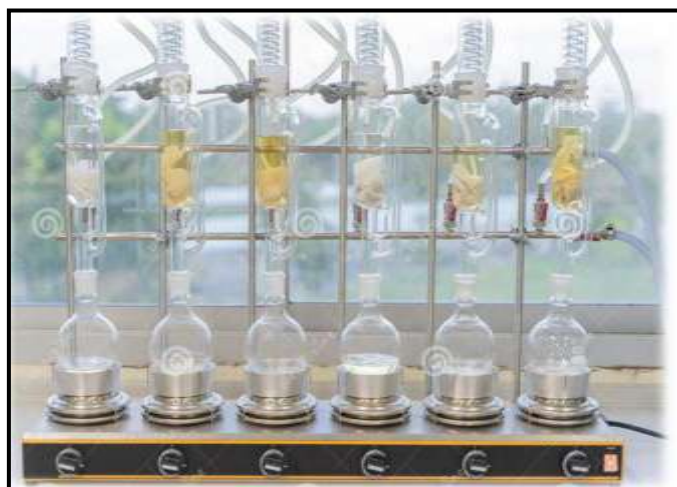


Figure 21 : Extraction Solide-Liquide (**Anonyme05**).

4-3-Les applications d'une extraction

Les applications d'une extraction La principale application des extractions est dans la purification des échantillons pour l'analyse quantitative où l'analyste doit être exempt de toutes impuretés interférentes dans l'analyse, dans la pré-concentration des analystes dans une matrice, pour qu'ils deviennent détectables ou quantifiables. Des exemples spécifiques incluent la détermination de pesticides et herbicides dans des sols, détermination des hydrocarbures polycycliques aromatiques dans l'eau potable,

Etude bibliographique

polluants gazeux industriels et urbains et les drogues dans les fluides biologiques (Anonyme05).

4-4-Différents méthodes d'extraction

L'extraction est utilisée pour extraire sélectivement un ou plusieurs composés d'un mélange initial, sur la base de propriétés chimiques ou physiques. L'homme utilise des colorants, des parfums, des arômes, et des extraits de produits naturels depuis la haute Antiquité, par différentes techniques:

- **La filtration:** Depuis les temps préhistoriques, l'homme utilise un lit de sable ou de mousse pour rendre une eau boueuse (pleine de boue) limpide (claire et transparente).
- **Le pressage:** Consiste à exercer une pression sur une orange pour obtenir le jus, ou à écraser des fleurs pour extraire les arômes.
- **L'enfleurage:** Est une forme d'extraction utilisée en parfumerie. Il repose sur le pouvoir d'absorption d'une huile essentielle par les corps gras. Par exemple, les fleurs fragiles sont posées sur des cadres enduits de graisse animale très pure et inodore qui absorbe le parfum des fleurs au contact; en fin de séchage, les graisses sont imprégnées de substances odorantes.
- **La décoction:** Cette méthode est très ancienne. Elle consiste à chauffer la racine ou l'écorce d'une plante avec de l'eau; jusqu'à ce que cette dernière soit bouillante et les constituants se dissolvent.
- **L'infusion:** Elle consiste à verser de l'eau bouillante sur des plantes (les feuilles ou les fleurs) finement broyées puis les laisser tremper pour dissoudre leurs principes actifs.
- **La macération:** Consiste à laisser séjourner à froid un solide dans un liquide pour en extraire les constituants solubles dans ce liquide.
- **L'extraction par solvant:** C'est un procédé qui permet d'extraire des composés qui ne peuvent pas l'être avec de l'eau.
- **L'entraînement à la vapeur ou l'hydrodistillation:** Cette technique date de l'Egypte ancienne. Elle consiste à extraire les parfums des plantes (huiles parfumées ou huiles essentielles) par de la vapeur d'eau. (Bourguet, 2008)

Etude bibliographique

Nous ne pourrions appliquer que les méthodes d'extraction par hydrodistillation ou bien par solvants, l'enfleurage étant trop long et coûteux en matière première (pour un litre d'absolu de jasmin, il faut compter un tonne de fleurs).

➤ **Extraction à chaud en continu (Soxhlet)**

Un extracteur soxhlet est une pièce de verrerie utilisée pour extraire les molécules aromatiques de la plante. Quand le ballon est chauffé, les vapeurs de solvants passent par le tube adducteur, se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le corps de l'adducteur, faisant ainsi macérer les résidus dans le solvant. Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'à atteindre le sommet du tube siphon, qui provoque alors le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites (**Herodez et al, 2003**).

Le solvant contenu dans le ballon s'enrichit progressivement en composés soluble. La taille du corps en verre étant limitée, il peut être nécessaire de réaliser plusieurs extractions successives pour récupérer une quantité suffisante d'extraire (**Herodez et al., 2003**).

5-Le matériel utilisé (Soxhlet et Rotavapor)

5-1- Le Soxhlet

5-1-1-Généralité sur l'extraction par soxhlet

La technique d'extraction de Soxhlet a été inventée en 1879 par Franz Von Soxhlet, à l'origine utilisé pour la détermination de la graisse du lait puis elle a été généralisée pour l'extraction en chimie agricole avant de devenir l'outil le plus utilisé pour l'extraction de solide-liquide dans beaucoup de domaines comme l'environnement, les produits alimentaires ,et également pharmaceutique.

De nos jours, l'appareillage de Soxhlet est toujours courant dans les laboratoires et a été la méthode de norme et de référence pour l'extraction de solide liquide dans la plupart des cas. De nombreux travaux ont été réalisés pour améliorer l'extraction Soxhlet. En 1974, Randall a développé une meilleure extraction de Soxhlet dispositif, qui a proposé une extraction en trois étapes, à savoir: l'ébullition, rinçage et l'élimination du solvant.

5-1-2-Description

L'extraction par Soxhlet, qui a été employé pendant longtemps, est une technique standard et la référence principale pour évaluer la performance d'autres méthodes d'extraction solide-liquide. L'extraction par Soxhlet est une technique générale et bien établie, et qui dépasse en 57 performances les autres techniques conventionnelles d'extraction, excepté dans le cas de l'extraction des composés thermolabiles **(Luque et Castro, 1998)**.

Dans un système conventionnel de Soxhlet comme montré dans la figure10, la matière végétale est placée dans une cartouche, et remplie de solvant frais condensé à partir d'un ballon à distiller. Quand le liquide atteint le niveau de débordement, un siphon aspire la solution de la cartouche et la décharge de nouveau dans le ballon à distiller, portant les corps dissous extraits dans le liquide en bloc. Dans le ballon, le corps dissous (soluté) est séparé du solvant par distillation. Le soluté reste dans le flacon et le solvant frais passe de nouveau dans le lit de solide. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'extraction complète soit réalisée **(Luque et Castro, 2004)**.

L'extraction par Soxhlet dépend fortement des caractéristiques de la matrice solide et de la dimension des particules vu que la diffusion interne est souvent l'étape limitante pendant l'extraction. Pour l'extraction de l'huile totale des graines oléagineuses, une extraction pendant 2h a donné une efficacité de rendement d'extraction de 99% si la dimension particulaire était de 0.4 millimètre, alors que 12h extraction étaient nécessaires pour obtenir la même efficacité si la dimension particulaire était de 2 millimètres **(Luque et Castro, 2004)**.

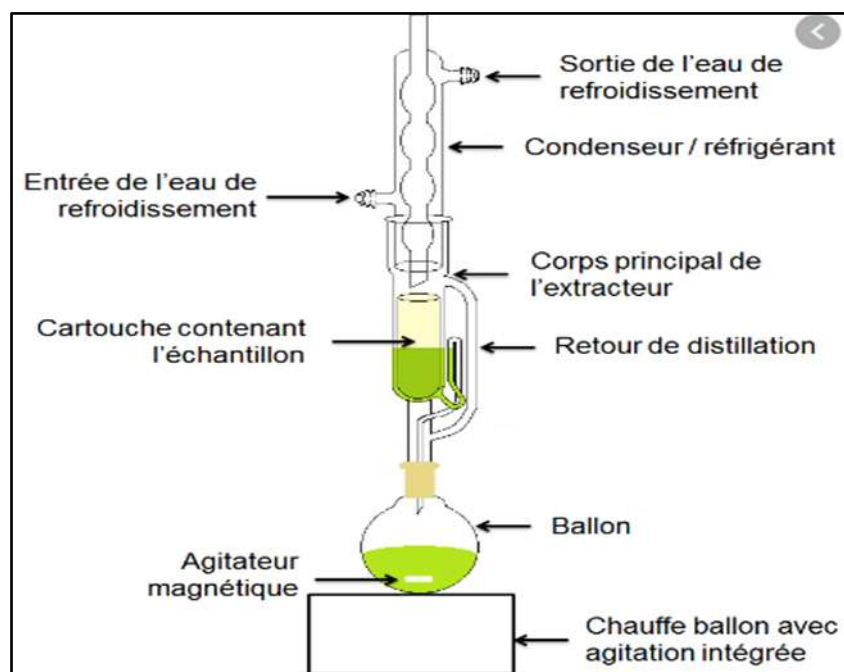


Figure 22 : L'extracteur par l'appareil de soxhlet (Anonyme06).

5-1-3-Avantage de l'extraction par soxhlet

Le déplacement de l'équilibre de transfert en mettant à plusieurs reprises le solvant frais en contact avec la matrice solide. Le maintien d'une température relativement élevée d'extraction avec la chaleur du ballon à distiller. Aucune nécessité de filtration après l'extraction. En outre, la méthode de Soxhlet est très simple et bon marché (Allaf, 2008).

5-1-4-Inconvénients de l'extraction par Soxhlet

Le temps d'extraction est long et une grande quantité de solvant est nécessaire, Il est impossible d'accélérer le processus par agitation, La grande quantité de solvant utilisée exige une étape d'évaporation /concentration (Allaf, 2008).

La possibilité de dégradation thermique des composés cible ne peut pas être ignorée vu que l'extraction s'opère habituellement au point d'ébullition du solvant pendant un temps assez long. La grande quantité de solvant ainsi que la longue durée de l'opération ont conduit à de larges critiques de cette méthode (Allaf, 2008).

5-1-5-Applications de l'extraction

- Extraction d'hydrocarbures aromatiques polycycliques dans des sols pollués, avec de l'acétonitrile comme solvant.
- Extraction de fullerènes d'une suie.

Etude bibliographique

- Extraction de la caféine des feuilles de thé.
- Extraction de molécules odorantes telles que des terpènes dans les végétaux.
- Purification de polymères conducteurs des impuretés de synthèse.
- Purification de composés peu solubles de leurs impuretés encore moins solubles.
- Extraction de monomère dans un polymère (**Allaf, 2008**).

5-2- Le Rotavapor

Lorsque le chercheur Lyman C Craige (1950), a inventé le système d'évaporation rotative, il ne pouvait probablement pas imaginer quelle innovation il apporter aux industries chimique et pharmaceutique. Il ne pouvait certainement pas imaginer que les évaporateurs rotatifs pourraient être utilisés même dans la cuisson moléculaire moderne par rapport à un appareil statique, l'évaporateur rotatif sous vide peut effectuer des distillations en une seule étape rapidement et en douceur. La capacité d'une distillation relative est généralement d'environ quatre fois supérieure à une distillation statique classique, donc pas de surprise quant à leur succès généralisé. L'évaporation est une étape courante et importante dans de nombreuses applications de recherche et développement (**Craig et al., 1950**).

5-2-1-Définition de l'évaporateur rotatif

L'évaporateur rotatif est un appareil de laboratoire utilisé généralement en chimie organique pour évaporer rapidement des solvants après avoir été utilisé dans une extraction ou dans un milieu réactionnel. Le plus souvent, l'évaporation du solvant est menée sous pression réduite (à fin d'accélérer l'étape) que l'on obtient ou moyen d'une pompe à vide. L'évaporateur relatif est souvent appelé, par abus de langage, rotavapor ou "Büchi" (noms de deux marques très courantes) (**Buchi, 2016**).

5-2-2-Intérêt et principe de l'évaporation

Le but de l'évaporateur rotatif est d'évaporer un solvant dans lequel se trouve un soluté qui, une fois le solvant évacué, pourra se présenter sous forme liquide ou solide. Dans le cas d'un produit qui se retrouve sous forme solide, ça revient à diminuer progressivement le volume de liquide pour atteindre la limite de solubilité : le solide cristallise puis au fur et à mesure que le solvant s'évapore, on cristallise de plus en plus de solide (**Craig et al., 1950**).

Etude bibliographique

Dans le cas d'un produit qui se retrouve sous forme liquide, c'est une forme de distillation puisqu'on porte un mélange binaire à ébullition : on évacue sous forme vapeur un mélange dont la composition varie au cours du temps mais qui reste majoritaire en composé le plus volatil. Pour ne pas perdre trop de produit, il faut que le solvant et le liquide qu'on veut récupérer aient des températures d'ébullition très différentes. En pratique, le liquide récupéré contient toujours un petit peu de solvant (qu'on peut évacuer par une distillation fractionnée si nécessaire) **(Craig et al., 1950)**.

Pour ne pas risquer de détruire le produit intéressant par un chauffage trop important, on opère avec un chauffage léger et sous aspiration : la baisse de pression permet d'abaisser la température d'ébullition du solvant.

On l'utilise essentiellement pour évacuer des solvants organiques qui ont été préalablement séchés (sur sulfate de sodium ou de magnésium) **(Craig et al., 1950)**.

5-2-3-Matériel et Méthodologie

➤ Matériel utilisé en évaporation

- Bain-marie.
- Thermostat.
- Ballon contenant le solvant à extraire.
- Conduit de vapeur.
- Bouton pour le réglage de la vitesse de rotation du ballon,
- Réfrigérant.
- Ballon récepteur du solvant extrait.
- Robinet de mise sous vide.
- Pompa vide **(Buchi, 2016)**.

➤ Méthode d'évaporation

- Montage

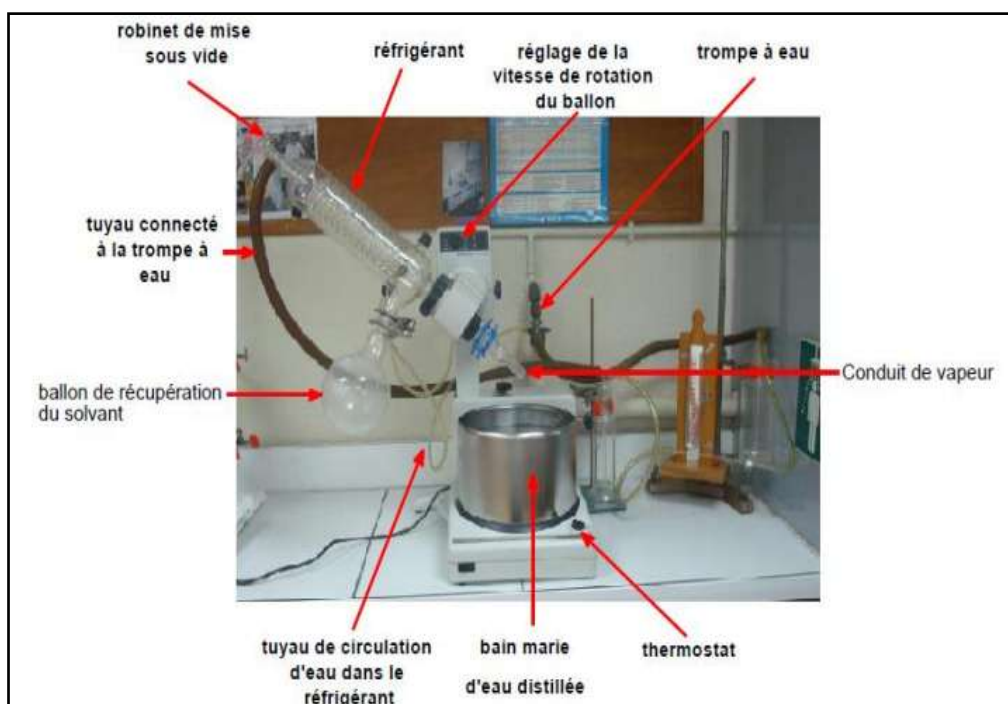


Figure 23 : Rotavapor (Anonyme08).

➤ Préparation

- Faire chauffer l'eau du Bain-marie en réglant sa température à l'aide du thermostat : cette température sera adaptée au point d'ébullition du solvant à évaporer.
- Ne pas oublier de prendre un valet pour poser le ballon (avec son bouchon rodé) à évaporation près de l'évaporateur rotatif.
- Faire circuler l'eau dans le réfrigérant - Déclencher la pompe à eau : le robinet doit être au maximum de son débit.
- Graisser très légèrement le rodage du ballon d'évaporation à l'huile de silicone
- Fixer le ballon, contenant le solvant à extraire sur le conduit le conduit de vapeur à l'aide d'un clic adapté.
- Fermer doucement le robinet de mise sous vide pour mettre l'ensemble de l'appareil sous pression réduite.
- Mettre le ballon en rotation.
- Descendre le ballon pour mettre en contact avec l'eau du bain-marie.
- Adapter la vitesse de rotation à la vitesse d'évaporation.
- Fermer la vitre de protection de la hotte(**Jensen, 2008**).

Etude bibliographique

- A la fin de l'évaporation, retirer le ballon du système de chauffage du bain-marie.
- Attendre le refroidissement du ballon.
- Enlever le clip et retirer le ballon dans le prolongement du conduit.
- Poser le ballon bouché sur le valet.
- Fermer la trompe à eau et la circulation d'eau dans le réfrigérant.
- Vider le contenu du ballon récepteur dans le bidon de récupération de déchets chimiques appropriés.
- Eteindre le thermostat du bain-marie et le système de rotation.

A la fin de l'opération, on obtient une solution partiellement concentrée ou concentrée à sec (dans ce cas, tout le solvant est retiré) une solution ou une suspension **(Jensen, 2008)**.

Cette technique permet la séparation de mélange de substance liquide dont les températures d'ébullitions sont différentes. Elle permet également de séparer les constituants d'un mélange homogène. Les extraits obtenus seront utilisés pour des tests biologiques **(Jensen, 2008)**.

6-Généralité sur La plante utilisé « *Eucalyptus globulus* »

6-1-Historique

Eucalyptus globulus, ou Gommier bleu, arbre originaire de Tasmanie, a été découvert en 1792 par La Billardiére. Actuellement, *Eucalyptus globulus* est cultivé dans le bassin méditerranéen dont le Maroc surtout pour la production de l'huile essentielle, et en Chine où il est utilisé pour fabriquer de la pâte à papier **(Robert. A, Max. W2003)**.

L'arbre d'*Eucalyptus globulus* mesure 30 à 60m voire 100m parfois. Son tronc variant du blanc au gris est lisse, l'écorce se détache en bandes longues. Seules les jeunes feuilles sont officinales vu qu'elles possèdent les poches à essences sur leurs faces inférieures, elles sont cireuses, ovales, claires, opposées et sessiles, la nervure est principale distincte sur la face inférieure, et elles poussent sur les vieilles branches. Elles peuvent atteindre 25cm de long elles sont falciformes, alternes, pétiolées, et de couleur gris-vert **(Robert et Max, 2003)**.

Etude bibliographique

La plante coupée est reconnaissable par la présence de nombreuses poches sécrétrices sur la face inférieure des jeunes feuilles. Les fleurs, visibles au printemps, naissent à l'aisselle des feuilles, le calice est sous forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines. L'inflorescence est simple en épi. Le fruit est la capsule anguleuse du calice, il renferme deux types de graines **(Robert et Max, 2003)**. L'eucalyptus est une espèce appartenant à la famille des Myrtacées représentée par près de 600 espèces connues dans le monde **(Cherif, 1991)**. C'est un arbre originaire d'Australie, son introduction en Algérie date de 1863 **(Abderahim, 1983)**. La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950. Les eucalyptus occupaient une surface de 5 855 hectares dont plus de la moitié dans la région Oranaise **(Boudy, 1955)**. Actuellement des plantations longent le littoral d'El-Kala et d'Azzefoun. On retrouve cette espèce dans la région de la Mitidja et celle de Hadjout **(Cherif, 1991)**. Grâce à leur facilité d'adaptation, les espèces *E. globulus*, *E. camaldulensis*, et *E. gomphocephala* sont les plus répandues dans la région méditerranéenne **(Metro, 1970)**.

L'eucalyptus est un arbre de 30 à 35 mètres, au tronc droit, lisse, grisâtre, qui porte des rameaux dressés également. Les jeunes feuilles sont bleuâtres, opposées et étroitement attachées sur la tige. Les feuilles adultes sont d'un vert sombre, alternées et tombantes. Les fleurs sont visibles au printemps, naissent à l'aisselle des feuilles **(Metro, 1970)**. Ils renferment plusieurs substances actives ayant des propriétés expectorantes et fluidifiantes du mucus, mais aussi des propriétés antimicrobiennes, antifongiques et antivirales **(Benazzeddine, 2010)**.

6-2-Classification botanique

Le nom du genre Eucalyptus signifie en latin « bien couvert » **(Labill., 1800)** (eu : bien; kaluptos : couvert) faisant référence à son calice qui reste fermé jusqu'après la floraison. Nombreux sont les botanistes ayant tenté d'établir des classifications du genre Eucalyptus: la première classification fut celle de Müeller qui se basait sur les différents types d'écorces. Bentham par ailleurs s'était penché sur les caractéristiques des étamines, en particulier celles des anthères. Müeller a par la suite recréé une autre classification selon les anthères, suivi de celles de Maiden et Blakely, mais celle-ci a vite connu ses limites. De nombreuses classifications ont vu le jour ensuite selon les

Etude bibliographique

nervures des feuilles, la morphologie des graines, la nature de la capsule et la structure de l'inflorescence (**Bruneton, 1999**).

Une classification complète, de toutes les espèces d'eucalyptus connues fut publiée en 1971 par Pryor et Johnson. Elle comprend sept grands groupes et était basée sur nombreux caractères morphologiques (**Beloued, 1998**). Cette classification fut améliorée les années qui suivent par Johnson lui-même ainsi que d'autres savants (**Beloued, 1998**).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	<i>Eucalyptus</i>
Espèce	<i>globulus</i>

- Nom latin : *Eucalyptus globulus*. الأوكالبتوسالكروي.
- Noms vernaculaires: *Eucalyptus globuleux*, gommier bleu, *eucalyptus bleu*, arbre à fièvre, *eucalyptus commun*, *eucalyptus officinal*.
- en Algérie : Calitous « le nom le plus connue en Algérie », Calibtus, Kafor. Ces noms sont les plus populaires en Algérie qui sont appelés dans plusieurs différentes régions (**Rabiai, 2014**).

6-3-Parties utilisées de la plante

Les feuilles des rameaux âgés, la présence de quelques boutons floraux et de jeunes fruits est tolérée en très faibles quantités, ces feuilles seront séchées (**Rabiai, 2014**)

- L'écorce.

Etude bibliographique

- Les fleurs d'eucalyptus constituent la source de nectar pour la production de miel (Rabiai, 2014).



Figure 24 : Feuilles séchées d'*Eucalyptus globulus* (Anonyme08).

6-4-Principaux composants chimiques

- Huile essentielle (Oxydes terpéniques : 1,8-cinéole ; monoterpènes : alpha-pinène, limonène, gamma-terpinène, paracymène ; sesquiterpènes : aromadendrane ; sesquiterpénols : globulol, lédol).
- Flavonoïdes (des hétérosides de flavones avec les aglycones suivants : quercétine, myricétine, kaempférol et rutine).
- Tanins (Rabiai, 2014).



Figure 25: Gravure d'*Eucalyptus globulus* Labill. Réalisée par Labillardiere (Anonyme08).

Matériel et Méthodes

II-Matériel et Méthodes

1-Etude de site d'échantillonnage

1-1-Présentation de la région de Blida

La Wilaya de Blida se situe dans la partie Nord du pays dans la zone géographique du Tell central. Elle est limitée au nord par les wilayas d'Alger et Tipaza, à l'ouest par la Wilaya de Ain Defla, au sud par la Wilaya de Médéa à l'est par les Wilayas de Bouira et de Boumerdés (**Andi, 2013**).

Notre échantillonnage s'est déroulé dans le parc national de Chréa qui se situe au sud de la ville et englobe une biodiversité importante dans la région et même au niveau national.

Le Parc National de Chréa est situé à 50 km au sud-ouest d'Alger et s'étend sur une superficie de 26 587 ha dont 85% d'espaces boisés. Il a été créé par le DE n°83.461 du 27.07.1983 et classé réserve de biosphère p le programme « Homme et Biosphère » (**Ouadah, 2016**).

Administrativement, il chevauche entre les wilayas de Blida et Médéa. En plus des massifs de Guerroumène, Ferroukha et Marmoucha, situés dans la partie centrale de son territoire, le parc englobe à l'ouest djebel Mouzaia où se développent des formations sylvatiques uniques dans la région (Erablière, Zenaie) et au sud djebel Takitount occupé par la Pineraie (**Meddour, 1994**).

La végétation naturelle est représentée par des formations forestières pures ou en mélange, dominées par diverses essences : Cèdre de l'Atlas (espèce endémique), chêne liège, chêne vert, chêne zen, pin d'Alep, thuya de Berbérie. Il renferme, également, une grande biodiversité floristique et faunistique (respectivement 36 % et 25 % de la biodiversité nationale) (**Ouadah, 2016**).

Le territoire du Parc National de Chréa est sillonné par un chevelu dense d'oueds et de cours d'eau. La densité du réseau hydrographique est d'environ 2,4 km/km² et se base essentiellement sur deux bassins versants :

- la première partie regroupe les zones, Sud-Ouest et Nord, drainées par oued Chiffa et ses affluents (oued Mouzaia, oued Tamezguida, oued Atli, oued Meurdja...).

- La deuxième englobe les zones Est et Sud-Est drainées par oued Magtaâ et ses affluents (oued Kerrach, oued Bni Messaoud, oued Sidi Amar...) (**Sbabdji, 2012**).
- Le couvert végétal du parc National de Chréa est constitué essentiellement de plusieurs séries de cèdre, de chêne vert, de chêne zeen, et de chêne liège, (**Zeraia, 1986. Zouggar, 1987. Miri, 1988**). Ces différentes formations regroupent 1099 espèces dont 998 végétaux supérieurs, 72 champignons, 29 lichens (**Sbabdji, 2012**).



Figure 26 : Situation géographique de la wilaya de Blida et localisation du site d'échantillonnage (**Anonyme10**).

1-1-2- Relief

Le relief de la wilaya se compose principalement d'une importante plaine (la Mitidja) ainsi que d'une chaîne de montagnes au sud de la wilaya (zone de l'Atlas Blida en et le piémont) (**Anonyme09**).

La plaine de la Mitidja : un ensemble de terres très fertiles et à faibles pentes. La partie occidentale de cette plaine a une altitude qui va en décroissant du sud vers le nord (150 à 50 mètres). Les pentes sont faibles, parfois nulles. Elle offre les meilleurs sols de la wilaya. Les sols limoneux mêlés de cailloux sur le piémont de la Mitidja, des sols limoneux rouges, profonds, faciles à travailler : région de Mouzaia, et des sols sablo argileux de la basse plaine, plus lourds. La diversité des sols présente des aptitudes variées en matière de cultures : les agrumes sont cultivées dans le centre de

la plaine principalement, la vigne cultivée partout, ainsi que le blé associé à des cultures fourragères et maraîchères; on y trouve également des cultures industrielles.

La zone de l'Atlas Blidéen et le piémont: La partie centrale de l'Atlas culmine à 1 600 mètres. Les pentes très fortes (supérieures à 30%) sont sujettes à une érosion intense, là où la couverture forestière fait défaut. Seul le piémont, d'altitude variant entre 200 et 600 mètres, présente des conditions favorables à un développement agricole(Anonyme09).

1-1-2- Climat

Les conditions climatiques sont dans l'ensemble favorables. La pluviométrie est généralement plus importante dans l'Atlas que dans la plaine. Les précipitations atteignent leur apogée en décembre, janvier et février, mois qui donnent environ 30 à 40 % des précipitations annuelles (Anonyme 09).

1-1-3- Situation démographique

La wilaya compte une population de 1 002 937 habitants. (Estimation 2008) avec un taux de croissance de 2.5% et une forte concentration dans la commune de Blida soit 163 586 habitants représentant 16.31 de la population totale de la wilaya.

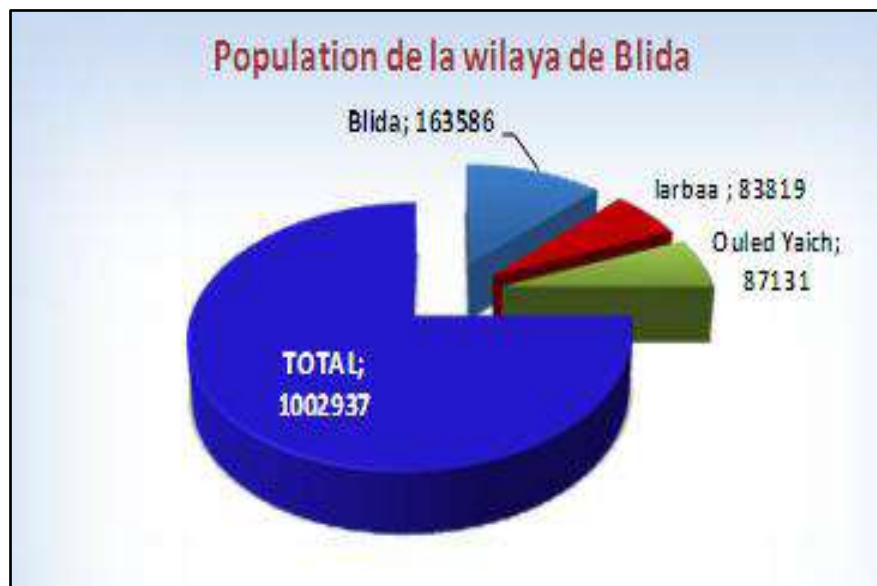


Figure 27 : Une population localisée en majorité dans la commune de Blida (Andi, 2013).

1-2-Présentation de la région de Blida « Parc national de Chréa»

1-2-1- Situation géographique et superficie

Le parc national de Chréa se trouve au sein du massif de l'Atlas Tellien, au niveau de l'Atlas Blidéen précisément dont il couvre les versants nord et sud. Ce dernier forme la partie centrale de l'Atlas Tellien qui s'allonge en direction du sud-ouest vers le nord-est, suivant les rivages méridionaux de la mer méditerranée. Le parc national de Chréa entoure le village de Chréa et englobe le djebel Gueroumene, le djebel Ferroukha et le djebel Mouzaia à Tamesguida. Il s'étend sur une longueur de 39,5 Km environ d'Est en Ouest et une largeur de 7 à 14 Km. Les limites du parc sont facilement matérialisables sur le terrain puisqu'elles sont composées par des oueds, des lisières de forêts, des pistes et des lignes de crêtes (**Chekchak, 1985**).

A sa création par arrêté gouvernemental du 3 Septembre 1925, le Parc National de Chréa s'étendait sur une superficie de 1351 ha englobant essentiellement la région recouverte par la cédraie (**Putod, 1950 in Meddour, 1994a**). Après l'indépendance, le 27 Juillet 1983, le parc fut créé par le décret présidentiel N°83-461 sur une superficie de 26587ha, couvrant les zones d'altitude de l'Atlas Blidéen. Le parc national de Chréa s'étend entre les parallèles 36° 36' et 36°00' et les méridiens 3°20' et 2°40' (**BNEF, 1984**).

Administrativement, il chevauche entre les wilayas de Blida et Médéa. En plus des massifs de Guerroumène, Ferroukha et Marmoucha, situés dans la partie centrale de son territoire, le parc englobe à l'ouest djebel Mouzaia où se développent des formations sylvatiques uniques dans la région (Erablière, Zenaie) et au sud djebel Takitount occupé par la Pineraie (**Meddour, 1994 a**).

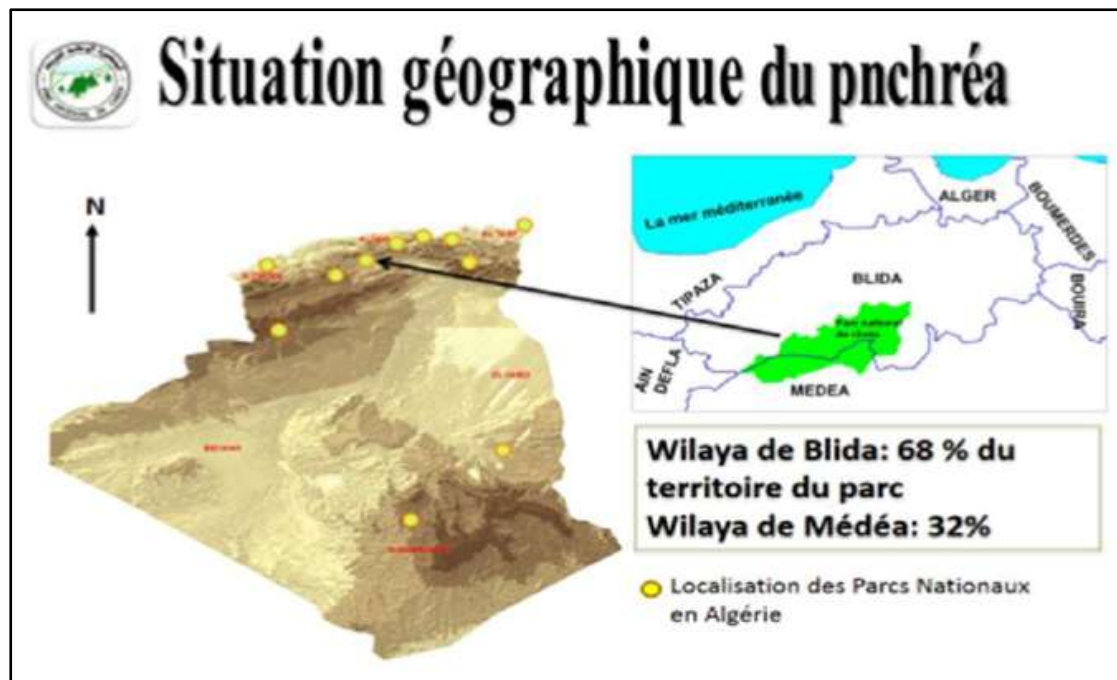


Figure 28 : Situation générale du Parc National de Chréa (PNC, 2013).



Figure 29: Situation géographique de la forêt de « chréa » dans la région de Blida (Anonyme 11).

1-2-2-Richesses biologiques du la région

➤ Végétation

La végétation du Parc National de Chréa a fait l'objet de nombreuses études parmi lesquelles certaines ont porté directement sur la région où se trouve notre zone d'étude (**Zeraia, 1986., Zouggar, 1987, Miri, 1988**). Ces travaux montrent que la végétation du parc est composée de plusieurs séries à savoir : la série du cèdre, la série du chêne vert, la série du chêne zeen, la série du chêne liège et la série des repilsyves.

Ces différentes formations regroupent 1099 espèces dont 998 végétaux supérieurs, 72 champignons et 29 lichens. Parmi ces espèces il existe 55 endémiques (toutes catégories), 4 rarissimes, 31 trèsrares, 49 rares, 39 assez rares, 34 protégées et 23 espèces menacées (**Sbabdji, 2012**).

En terme de familles botaniques le parc recèle 92 familles dont les plus représentées sont: Légumineuses (56 espèces) ; Labiées (44 espèces) ; Graminées (38 espèces) ; Cioracées (28espèces) ; Composées (27 espèces) ; Orchidacées (26 espèces) ; Crucifères (25 espèces);Ombellifères (25 espèces) ; Rosacées (24 espèces) ; Liliacées (22 espèces) ; Cynarées (20 espèces);Scrofulariacées (19 espèces). Parmi ces richesses, il existe de nombreuses espèces et taxons d'une importance particulière telles que les espèces médicinales (170 espèces) et les orchidées (27espèces). Il est à mentionner que la cédraie abrite 183 espèces végétales soit 25% de la flore du Parc (**Sbabdji, 2012**).

➤ Faune

Le patrimoine faunistique du Parc national de Chréa est évalué à 564 espèces (**Tab 03**), ce qui représente 19,80 % de la richesse faunistique nationale (**Sbabdji, 2012**).

Tableau 03 : Les richesses faunistiques du Parc national de Chréa (Sbadjji, 2012).

Faune	Richesse du parc	Richesse nationale	%
Mammifères	25	108	23
Oiseaux	121	404	30
Insectes	358	1900	19
Myriapodes	6		
Mollusques	11	75	14,6
Reptiles	9	40	22,5
Poissons	5	300	2,3
Crustacés	2		
Amphibiens	8	8	100
Annélides	1	16	6,25
Total	564	2851	19,80

1-3-Etude de l'abondance des nids de *Thaumetopoea pityocampa*

L'étude consiste à estimer le taux d'infestation et l'abondance moyenne des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin, et leur emplacement sur les arbres de cèdre dans une forêt au niveau du parc national de chréa :

1-3-1-Présentation de la forêt de Chréa



Figure 30: Forêt de « Chréar » dans la région de Blida (Anonyme11).

1-3-2-Caractéristiques climatiques

Malgré que les travaux de Seltzer(1946) et de Halimi (1980) offrent une description détaillée, sur les caractéristiques climatiques de la région, l'actualisation de ces dernières à travers des données récentes, s'avère indispensable, en raison du débat actuel sur les changements climatiques.

L'indisponibilité de stations météorologiques fonctionnelles dans la zone concernée constitue un véritable handicap pour décrire convenablement l'état actuel

du climat. De ce fait, l'utilisation des données récentes (1995-2009) de la station de Médéa (928 m d'altitude) qui est la plus proche de la zone d'étude, demeure la seule alternative pour répondre à cette préoccupation (**Sbabdji, 2012**).

La comparaison des données de la période récente (1995-2009) à celles des périodes anciennes (1913-53 et 1931-62 pour la précipitation, 1948-1962 pour les températures) mentionnées par Halimi (1980), permet de déduire quelques indications sur l'éventuelle variation produite sur le climat (**Sbabdji, 2012**).

1-3-3-Données météorologiques annuelles de la région

Le Parc National de Chréa est caractérisé par un climat tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été. La carte climatique de Koppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa. La température moyenne annuelle est de 14,5 °C à Chréa. Le moyenne des précipitations annuelle atteints 564mm (**Halimi, 1980**).

➤ Températures

Le Parc National de Chréa est compris entre l'isotherme 8° et 11°C de températures moyennes annuelles. Les sommets étant plus froids et les piémonts plus chauds. Les températures les plus basses sont enregistrées à Chréa avec 3°C, alors que les températures maximales varient entre 26,3 et 33,6°C (**Halimi, 1980**).

➤ Précipitations

Le Parc Nationale de Chréa est compris entre les isohyètes 760 et 1400 mm/an de précipitations moyennes annuelles. Pour les précipitations journalières, il a été dénombré sur la base de 30 années d'observation soit 10 958 jours, 2820 jours pluvieux à la station de Chréa et presque le même nombre à la station Blida (**Halimi, 1980**).

➤ Vent

Dreux (1980) note que le vent est un facteur secondaire, il a une action indirecte en activant l'évaporation, il contribue la sécheresse. Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant, sous l'influence des vents la végétation est limitée dans son action (**Ramade, 1980**).

À Chréa les vents du nord-est prédominent toute l'année, le vent chaud du sud se manifeste généralement de 1 à 3 jours/an (**Halimi, 1980**).

➤ Neige

La neige commence à couvrir les cimes des arbres de Chréa à partir du mois de décembre, et l'enneigement se fait sur les altitudes qui dépassant les 400m. C'est le mois de janvier que reçoit les plus fortes chutes de neige, mais le mois de mars l'emporte sur la persistance (**Attal, 1995**).

Chellabi (1992) signale que pendant l'hiver de 1993 la neige a atteint 75cm. Sbabdji (1997) a observé durant l'année 1994 une couche dépassant 1m d'épaisseur.

Tableau 04: Données climatiques annuels des régions étudiées entre 2014- 2019.

Paramètres	Température C°	Pluviométrie mm	Vent M/S	Humidité %	Coordonnées Géographiques
Forêt des Chrèa-Blida	15,50	625	4	64	36.455890° 2.920463°

1-4-Dénombrement des nids

Nous avons dénombré les nids de la chenille processionnaire du pin sur les arbres de cèdre dans la forêt de chréa, au niveau de la région de Blida. Le choix des arbres recensés est aléatoire. L'abondance totale des nids de *Thaumetopoea pityocampa* est estimée pour 100 arbres dans la forêt. La moyenne de l'abondance des nids est estimée par arbre de cèdre. Le taux d'infestation par l'insecte et les différents indices écologiques sont également estimés.

1-4-1-Indices écologique pour l'abondance d'une espèce dans une forêt

- **Abondance totale** : c'est le nombre total d'individu de la même espèce sur tous les relevés de l'échantillon.
- **Abondance moyenne** : c'est le nombre moyen des individus au niveau de chaque relevé.
- **Equitabilité** : c'est une mesure de la distribution des individus au sein d'une espèce ; autrement dit, c'est la façon dont l'abondance se répartit au sein des espèces.
- **Dominance** : est fournie par l'évaluation de la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce.

- **Taux d'infestation** : c'est le pourcentage des relevés touchés sur le nombre total des relevés étudiés (**Belin, 2011**).

2-Extraction aqueuse

Notre travail a été effectué au sein du laboratoire de la biologie à la faculté des sciences à l'université de Mila.

Le travail concerne l'extraction, l'évaporation d'extraits aqueux de la plante *Eucalyptus globulus*.

Le but est d'obtenir une matière organique volatile d'*Eucalyptus globulus* par la méthode d'extraction. Le schéma général adopté pour la réalisation de ce travail est résumé par la figure ci-dessous:

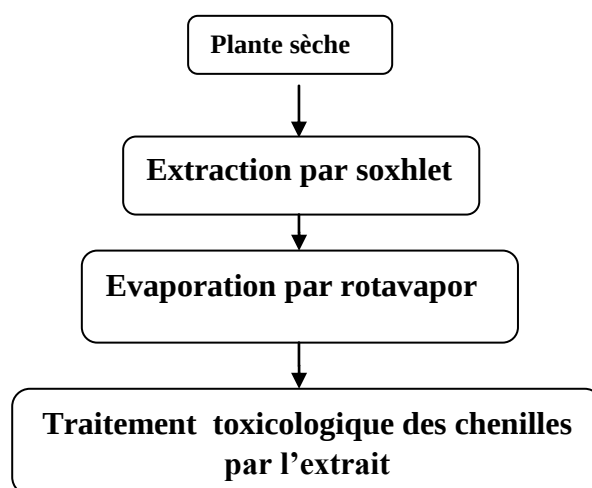


Figure 31: Schéma général de la procédure expérimentale
(Schéma personnelle).

2-1-Matériels utilisés

2-1-1- Matériel végétal

Ce travail est appliqué sur les feuilles d'*Eucalyptus globulus*, récoltées de la région de Mila en période de Mars 2021.

Les échantillons composés des feuilles non triées (feuilles jeunes et adultes) de la partie aérienne de plante d'*Eucalyptus* sont:

- ❖ Lavés avec l'eau de source.
- ❖ Séchés à l'aire libre pendant 3 à 5 jours.
- ❖ Mis dans une étuve portée à 40° C pendant 3 jours.
- ❖ Broyés à l'aide d'un mixeur électrique pour l'obtention d'une poudre.
- ❖ Enfin, la poudre préparée est passée à l'extraction en utilisant la technique SOXHLET.

2-1-2-Matériels animal

Des échantillons constitués par des individus de chenilles processionnaires de pin récolté de la région de Blida de période de 2020.



Figure 32 : les échantillons des individus les chenilles de pin (**Photo personnelle**).

2-1-3-Matériel de laboratoire

Le principe est d'extraire des essences aqueuses, grâce à des solvants volatils, pour cela, on fait traverser le matériel végétal par le solvant. Après deux ou trois passage, le solvant s'est chargé en molécules aromatique. Il faut ensuite éliminer le solvant par évaporation car la température d'ébullition du solvant est inférieure à celle de l'extrait. On obtiendra des concrètes de feuilles ou de fleurs et des résinoïdes de racine ou d'écorce. Les produits obtenus par ce procédé contiennent des cires et des corps gras.

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les extraits sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera distillé sous

pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange pure de consistance pâteuse.

3-Préparation des extraits aqueux

3-1-Extraction

Environ 40g de la poudre végétale est séchée et enveloppée dans une cartouche en papier filtre afin d'éviter son entrainement avec le solvant et placée au niveau du Soxhlet. D'un autre coté 300 ml d'éthanol sont introduits dans un ballon à fond plat.

A l'aide d'une plaque chauffante, le solvant est porté à ébullition, celui-ci passe par la tubulure et est condensé par réfrigérant (On peut également utiliser l'eau de robinet pour le même principe). Il tombe alors dans le réservoir contenant la cartouche et solubilise la poudre.

Après une dizaine de passage du solvant par la cartouche (Rotation), nous récupérons d'une part le ballon contenant le solvant et les substances solubles (concrète lipidique).

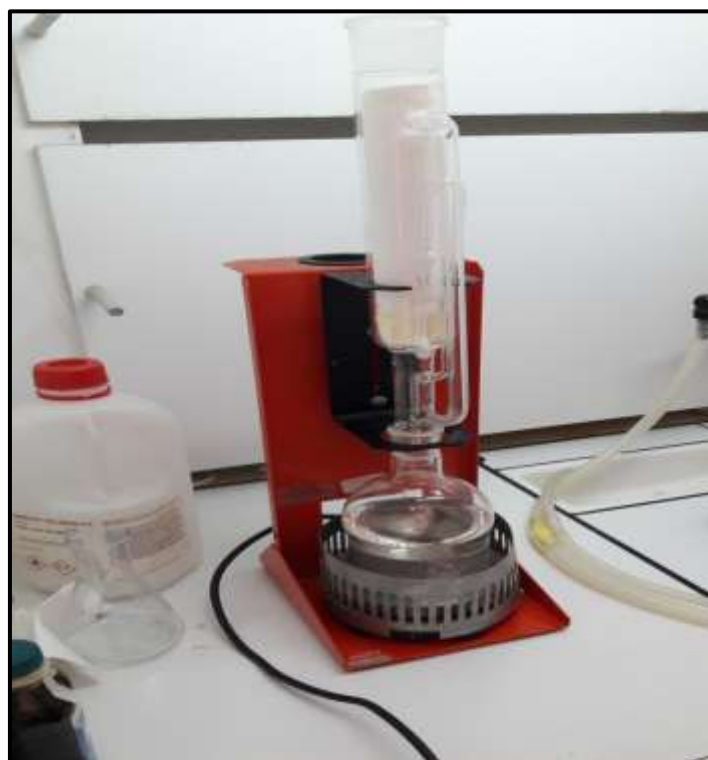


Figure 33: l'appareil de soxhlet utilisé dans l'extraction (Photo personnelle).

3-2-Etapes de l'évaporation

- Faire chauffer l'eau du Bain-marie en réglant sa température à l'aide du thermostat : cette température sera adaptée au point d'ébullition du solvant à évaporer.
- Ne pas oublier de prendre un valet pour poser le ballon (avec son bouchon rodé) à évaporation près de l'évaporateur rotatif.
- -Faire circuler l'eau dans le réfrigérant - Déclencher la pompe à eau : le robinet doit être au maximum de son débit.
- Graisser très légèrement le rodage du ballon d'évaporation à l'huile de silicone.
- Fixer le ballon, contenant le solvant à extraire sur le conduit de vapeur à l'aide d'un clic adapté.
- -Fermer doucement le robinet de mise sous vide pour mettre l'ensemble de l'appareil sous pression réduite.
- Mettre le ballon en rotation.
- Descendre le ballon pour mettre en contact avec l'eau du bain-marie.
- Adapter la vitesse de rotation à la vitesse d'évaporation.
- Fermer la vitre de protection de la hotte.
- Après 20 minutes, il faut retirer le ballon du système de chauffage du bain-marie.
- Attendre le refroidissement du ballon.
- Poser le ballon bouché sur le valet.
- Fermer la trompe à eau et la circulation d'eau dans le réfrigérant.
- Vider le contenu du ballon récepteur dans le bidon de récupération de déchets chimiques appropriés.
- Eteindre le thermostat du bain-marie et le système de rotation.



Figure 34: Evaporateur rotatif dans le laboratoire (Photo personnelle).

On obtient une solution partiellement concentrée ou concentrée à sec d'environ 5,32 g de poids (dans ce cas, tout le solvant est retiré). Cette technique a permis la séparation de mélange de substance liquide dont les températures d'ébullitions sont différentes. Elle permet également de séparer les constituants d'un mélange homogène. Les extraits obtenus seront utilisés pour des tests biologiques.



Figure 35 : Extrait d'Eucalyptus (Photo personnelle).

3-3-Préparation des doses utilisées et traitement

- A partir d'un extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus*, nous avons préparé une solution mère de l'insecticide. Après des essais préliminaires, nous avons déterminé trois doses : de 3g/l, de 4g/l et de 6g/l pour le traitement des larvaires du L4 à l'extrait d'*Eucalyptus globulus*.
- Chaque traitement est préparé dans 10 boîtes dont chacune contient 10 larves de même âge. Chaque dose est répétée 3 fois et la dernière boîte est prise pour un témoin à la mortalité des chenilles.
- Le traitement est réalisé par pulvérisation jusqu'à ruissèlement de l'insecticide sur les aiguilles de pin fraîches et distribué aux larves dans toutes les boîtes.
- Des feuilles non traitées sont distribuées au quatrième lot pour comparer avec ceux traitées (Témoin).
- La mortalité est observée chaque jour après traitement, les aiguilles sont également changées à chaque observation.
- Le nombre de chenilles mortes est mentionné jusqu'à la fin du traitement qui marque dans la plus part des cas la mortalité de toute la population.



Figure 36 : Préparation du traitement (Photos personnelles).

4-Le Traitement statistique des données du traitement toxicologique

Les traitements statistiques de l'étude toxicologique ont pour but d'évaluer l'effet de chaque extrait d'*Eucalyptus globulus* sur la mortalité des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* en fonction des différentes concentrations utilisées, du L4, en fonction et du temps d'exposition au traitement. Les concentrations létales 50 et 90

Matériel et Méthodes

(CL 50 et CL 90) sont estimées pour chaque concentration testée, pendant tous les stades larvaires. Tous les traitements statistiques sont réalisés sur un logiciel (**Minitab, 2017**).

- Mortalité observée

Le pourcentage de la mortalité observée chez les chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* traitées par l'extrait d'*Eucalyptus globulus* aux différentes concentrations ainsi que chez les témoins est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \text{Nombre de chenilles mortes} / \text{nombre de chenilles traitées} \times 100$$

- Mortalité corrigée

Le pourcentage de mortalité observée est corrigé par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle :

$$\text{Mortalité Corrigée} = \frac{\text{mortalité chez les traités} - \text{Mortalité chez le témoin}}{100 - \text{mortalité chez le témoin}} \times 100$$

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation angulaire selon (Bliss 1938 in Fisher & Yates 1957). Les données ainsi normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification suivie par le classement des concentrations par le **Test de Tukey**.

- Analyse des probits

Les concentrations létales sont déduites à partir du tracé des droites de régression (Finney 1971). Pour cela, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probits (Fisher & Yates 1957).

- Droites de régression des taux de mortalités

Des équations de régression sont estimées pour chaque huile, durant le 3^{ème} stade larvaire de la chenille processionnaire du pin, après 24 heures et après 8 jours du traitement.

- Concentrations létales

Ces tests ont pour but d'estimer les concentrations létales 50 et 90 (CL 50 : Concentration qui tue 50% de la population traitée, et CL 90 : Concentration qui tue

Matériel et Méthodes

90% de la population) pour chaque molécule utilisée pendant le 4^{ème} stade larvaire de la chenille processionnaire.

Nous avons évalué l'effet des de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* sur les chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* du L4.

Résultats

Résultats

III-Résultats

1-Activité Ecologique :

1-Indices écologiques

1-1-Forêt de Chréa dans la région de Blida

Le nombre total des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* repéré dans la forêt de Chréa dans la région de Blida est de 117 nids. Cette abondance est d'une moyenne de 1,17 nid par arbre. Les indices écologiques estimés pour l'espèce ont enregistré des valeurs de dominance égale à 0,01673 ; d'équitabilité égale à 0,980 et un indice de Shanom égale à 4,165 (**Tab 05**).

Tableau 05 : Indices écologique de la présence des nids de *Thaumetopoea pityocampa* dans la forêt de Chréa dans la région de Blida.

Indices écologiques	Abondance totale	Abondance Moyenne	Indece de Shanon	Dominance	Equitabilité	Taux d'infestation
Forêt de	117	1,17	4,165	0,01673	0,980	70%

1-2-Taux d'infestation de la forêt de Chréa par les nids d'hiver :

Le tableau (06) indique le pourcentage des nids d'hiver sur les 100 arbres repérés dans la forêt de Chréa dans la région de Blida :

Tableau 06 : Taux d'infestation des arbres par les nids d'hiver de la chenille processionnaire :

Forêt de Chréa	Arbre infesté	Arbre non infesté
Taux	70%	30%

Le taux d'infestation par la chenille dans la forêt de Chréa est de Blida. L'attaque par la chenille dans la forêt a atteint.

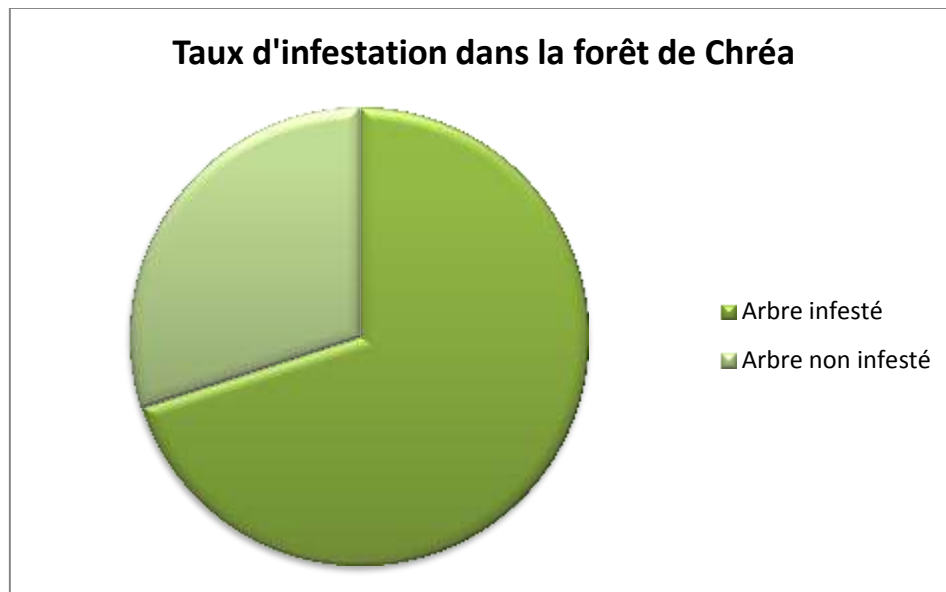


Figure 37: Taux d'infestation par la chenille processionnaire du pin dans la forêt de Chréa dans la région de Blida.

2-Activité biologique :

➤ **Traitement des chenilles à l'extrait d'*Eucalyptus globulus***

- Mortalité observée

Les taux de mortalité des chenilles du 4^{ème} stade larvaire de *Thaumetopoea pityocampa* traitées à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* ont enregistrées les valeurs moyennes de 70%, 80% et 100% pour les concentrations de 3, de 4 et de 6 g/l (**Tab 07**).

Tableau 07 : Taux de Mortalité observée sur les chenilles processionnaires du pin traitées à l'extrait d'*Eucalyptus globulus*, au 8^{ème} jour du traitement.

Concentrations (g/l)	Dose 3	Dose 4	Dose 6
R1	80%	90%	100%
R2	60%	80%	100%
R3	70%	70%	100%
Moyenne	70%	80%	100%

R1, R2, R3 : Répétition pour les taux de mortalité

Résultats

- Mortalité corrigée

Les mortalités observées des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* traitées à l'extrait d'*Eucalyptus globulus*, sont corrigées par la formule d'Abbott, qui montre l'effet réel des différentes concentrations (**Tab 08**). Les valeurs de mortalité corrigée ont atteint les 66,66 pour les concentrations de 3g/l, les 77,77 pour la concentration de 4, et la valeur de 99,99 pour la concentration de 6 d'extrait d'*Eucalyptus globulus*.

Tableau 08: Taux de Mortalité corrigée sur les chenilles processionnaires du pin traitées à extrait d'Eucalyptus, au 8^{ème} jour du traitement.

Concentrations (g/l)	Dose 3	Dose 4	Dose 6
R1	77,77	88,88	99,99
R2	55,55	77,77	99,99
R3	66,66	66,66	99,99
Moyenne	66,66	77,77	99,99

R1, R2, R3 : Répétition pour les taux de mortalité

-Transformation angulaire des taux de mortalités

Les taux de mortalité corrigée sont ensuite normalisés pour atteindre les valeurs de 5,43 pour la concentration de 3g/l, la valeur de 5,76 pour la concentration de 4g/l, et la valeur de 7,34 pour la concentration la plus élevée de l'extrait d'Eucalyptus (**Tab 09**).

Tableau 09: Transformation angulaire des taux de mortalité des chenilles processionnaires du pin traitées à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* au 8^{ème} jour du traitement:

Concentrations (g/l)	Dose 3	Dose 4	Dose 6
R1	5,76	6,21	7,34
R2	5,14	5,76	7,34
R3	5,43	5,43	7,34
Moyenne	5,43	5,76	7,34

R1, R2, R3 : Répétition pour les taux de mortalité

Résultats

- Étude de la variance des taux de mortalité

Les données du tableau (M= 5,43 -5,76 - 7,34) ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification qui révèle un effet concentration très hautement significatif (F=36,65) (**Tab 10**). Le coefficient de détermination ($R^2=89,91\%$) révèle une liaison positive très forte entre les probits des mortalités et le logarithme des concentrations testées).

Tableau 10 : Variance des taux de mortalité des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* traitées à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* au 8^{ème} jour après traitement.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	R^2
Factor	2	6,0962	3,04808	36,65	0,000	89,91
Error	6	0,4991	0,08318			
Total	8	6,5952	/			

SS : Somme des carrés – ADJ DF : Degré de liberté – ADJ MS : régression- F : Variance observée- P : Niveau de signification- R^2 : Coefficient de détermination

Le traitement toxicologique des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* du 4^{ème} stade larvaire à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* enregistre une équation de régression suivante $Y=6,531 X+2,181$ (**Fig 35**). Les valeurs des CL 50 et 90 sont de 1,54g/l et de 1,86 g/l respectivement. Le traitement des chenilles processionnaire du pin à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* a enregistré une valeur de R^2 égale à 92 % après 8 jours du traitement (**Tab 11**).

Résultats

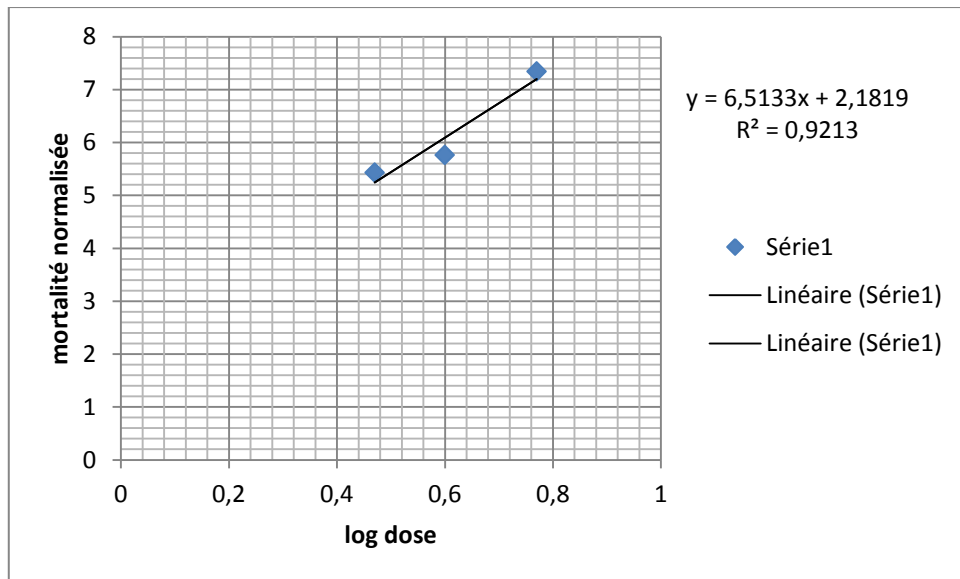


Figure 38: Courbe de régression après 8 jours du traitement des chenilles à l'extrait d'*Eucalyptus globulus*.

Résultats

Tableau 11 : Paramètres toxicologiques, droite de régression et doses létales du traitement toxicologique à l'extrait d'Eucalyptus :

Traitement	Doses	Droite de regression	DL 50	DL 90	R ²
Eucalyptus	3g/l	$Y=6,53x+2,18$	1,54 g/l	1,86 g/l	92%
	4g/l				
	6g/l				

Discussion

IV-Discussion

Les forêts sont négativement affectées par différents facteurs qui se propagent sur une grande échelle temporelle et spatiale induisant des pressions directes ou indirectes sur sa stabilité (**Requardt et al., 2007**), et le maintien de son bon fonctionnement des écosystèmes forestiers (**Laurent et al., 2006**). Au niveau des agressions de toute nature que subit la forêt, il est difficile d'isoler la part des fluctuations et les catastrophes climatiques dans un environnement de plus en plus modifié par l'homme (**Bastien et al., 2000**). D'après Lévy et Becker (**1987**), Bert (**1992**) et Sffa (**2008**), c'est surtout l'augmentation de la fréquence et de la durée des périodes sèches qui auraient un fort impact sur les arbres et la pullulation des parasites, ce qui provoquerait le changement total de la répartition des végétaux d'où le dépérissement de la strate arborée.

En région méditerranéenne, le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) recouvre 3.5 millions d'hectares et présente une répartition géographique principalement centrée en Méditerranée occidentale (**Halimi, 1980**).

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, est l'un des résineux les plus précieux dans le Nord de l'Afrique, tant du point de vue économique qu'écologique, esthétique et culturel. Cette importante essence connaît une situation sanitaire alarmante et ce depuis l'apparition des premiers symptômes de dépérissement, vers le début des années 1982 dans la région des Aurès (**Bentouati, 2008**). Ce déclin s'est étendu par la suite progressivement pour toucher des superficies énormes surtout au début des années 2000. À cet effet, une série d'hypothèses a été émise par nombreux chercheurs pour essayer d'expliquer les principales causes probables de mortalité de cet arbre (**Bentouati, 2008**).

La chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est le principal ravageur défoliateur qui endommage gravement les forêts de pin d'Alep et du cèdre des régions du bassin méditerranéen. L'insecte ravageur est présent dans l'ensemble des forêts résineuses, Les chenilles sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques.

Le recouvrement en altitude sur le pourtour méditerranéen, des aires de répartition des processionnaires d'hiver avec celles des processionnaires d'été a fait que les deux groupes ont été régulièrement confondus entre eux. (**Gachiet *al.*, 1986, Demolin, 1987**).

Les chenilles sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustre la construction et l'orientation du nid d'hiver, permettant d'allier effet de masse (atténuation de fortes variations de température par regroupement de nombreux individus) et insolation maximale. Des mesures de surveillance et de lutte des ravageurs sont donc nécessaires régulièrement (**Ziouche *et al.*, 2012**).

L'affaiblissement des forêts peut réduire leur résistance contre d'autres ennemis des forêts telles que les incendies, les conditions de sécheresse (**Dupuy *et al.*, 2015., Carle, 1975**). En raison de la diminution de la croissance et de la capacité de reproduction, l'arbre se trouve affaibli et est donc plus vulnérable aux attaques d'autres ravageurs (**Martin et Bonnet, 2008**).

Ces défoliations peuvent à long terme causer la mortalité totale des arbres ou la disparition complète des forêts comme effet à grande échelle en raison des défoliations successives (**Hodar *et al.*, 2003., Jalbert, 2015**).

Parmi les forêts touchées celle de Chréa, a une importance particulière autant sur le plan socioéconomique qu'écologique. Malgré les mesures de conservation liées à sa situation dans une aire protégée (Parc National de Chréa, classé réserve de Biosphère depuis 2002), elle demeure exposée à la fois aux diverses pressions anthropiques (extension urbaine, pollution ménagère, incendies, récoltes et coupes illicites.....), et aux attaques de la processionnaire qui affectent également la valeur paysagère et touristique de la zone (**Robinet *et al.*, 2013**).

Les arbres défeuillés sévèrement enregistrent une réduction importante de la croissance radiale du cèdre (**Sbabdji *et al.*, 2009**) et de fructification (**Tazekratt, 2008**), mais ils se reverdissent normalement après les défoliations (**Sbabdji, 1997**).

Nous nous sommes intéressés dans notre travail à l'étude de l'abondance et le dénombrement des nids d'hiver de la chenille processionnaire et son taux d'infestation dans la forêt du Chréa. Nous avons également traité les chenilles

processionnaires du pin du 4^{ème} stade larvaire à l'extrait d'*Eucalyptus globulus* qu'on a préparé au laboratoire.

L'emplacement des nids d'hiver est le résultat de l'envol des adultes pour la ponte, la femelle sélectionne son endroit avant de déposer les œufs autour des aiguilles qui se transforment vers la fin de la saison chaude et le début de la saison froide à un nid d'hiver protégeant les chenilles pendant le stade larvaire durant les conditions naturelles défavorables (**Boutchiche et al., 2016**).

Les résultats obtenus montrent que l'étude de la distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire a enregistré des valeurs d'abondance totale de 117 nids, et une moyenne de 1,17 nid par arbre.

Le taux d'infestation par la chenille processionnaire du pin a atteint 70% sur 100 arbres recensés dans la forêt.

D'après Djehiche et Menar (**2019**), 100% des arbres de la forêt de « Safietbellil » dans la région de Guelma sont infestés par la chenille, une valeur plus élevée comparée avec la forêt de « Boutelja » où seulement 79% des arbres sont attaqués. D'après les auteurs est de la forêt de « Mhisser » dans la région de Annaba avec seulement 50% comme taux d'infestation.

Les indices écologiques nous permettent également d'avoir une idée sur la distribution de ces nids au sein de la forêt, la valeur de l'indice de Shanon indique la diversité spécifique d'une espèce dans la forêt, il est égale à 4,16.

Nos valeurs sont proches de celles enregistrées par Depuis les premières investigations qui remontent à plus d'un siècle (**Questienne et Miermont, 1979**), les efforts néfastes de la chenille processionnaire du pin n'ont pas cessé de se multiplier, sans pour cela, empêcher les infestations. Une intense gamme de travaux a été réalisée durant les dernières décennies, dans les différentes régions sur les différents aspects du problème. Citons à titre d'exemple le travail de Zamoum et Demolin (**1998**) sur la bioécologie de l'espèce en Algérie, celui de Salvato et al, (**2002**) sur sa diversité génétique en Italie et ceux menés en Italie et en France sur l'extension de son aire de répartition suite au réchauffement climatique (**Hodar et Zamora, 2004., Battisti et al., 2005., Robinet et al., 2007**).

D'après nos résultats, l'équitabilité qui indique l'homogénéité de la distribution des nids d'hiver dans une forêt est proche à valeur 1, a enregistré des valeurs 0,98 dans la forêt cela indique que presque tous les arbres sont attaqués par la chenille et le nombre des nids est également proche entre les arbres de forêt.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la distribution des nids de la chenille processionnaire du pin dans les forêts naturelles ou le reboisement du pin, comme l'altitude de la forêt, son climat et sa longévité. La région de Blida est caractérisé par un climat méditerranéen avec un été chaud et un hiver humide tandis que la région de Mila appartient a un étage bioclimatique subhumide a semi- aride.

Il semble que le climat subhumide est le plus favorable pour l'infestation des arbres de conifères par la chenille processionnaire, notamment dans les forêts de la Turquie et d'Espagne (37,29 à 64,43 %). En revanche, dans ses limites nord (France, 14,86 %) et sud (Algérie, 7,82 %), le taux d'infestation tend à diminuer. Le climat, qui constitue un facteur limitant pour la croissance des conifères (**Nicault et al., 2001**)

Cela est déjà confirmé par les travaux de Sebti et Chakkali (**2014**) qui ont déduit d'après leurs résultats que le nombre et l'abondance des nids diminue en augmentant dans l'altitude du parc de « Chréa ».

Des observations et un comptage des nids d'hiver dans trois différents sites des forêts de la chenille processionnaire du pin dans la région de Borj Bou arreridj, indiquent que le taux d'infestation est le même pour les sites dont la moyenne d'hauteur d'arabes est proche ou identique (**Ziouche et al., 2017**).

L'utilisation des insecticides à base de plante est devenue plus intéressante que celle de nature chimique. Les insecticides naturels sont obtenus à partir des ressources renouvelables et rapidement dégradables. En effet la résistance habituellement développée par les insectes vis à vis des substances est un processus lent, sans oublier que leur effet sur la nature est neutre. Car ce sont des molécules biodégradables, moins nocive pour l'environnement (**Georgis et Gaugler, 1991., Lambert 2010., Dibartolomels et al., 2019**).

Plusieurs substances d'origine végétale comme les extraits de plantes ou les huiles naturelles sont connus pour leur potentiel toxique et leur action répulsif de croissance, qui est due principalement à la présence de composés majeurs responsables

de l'activité larvicide des insectes nuisibles (**Coats1994., Silva et al, 2008., Tripathi et al., 2009., Sendi et Ebadollahi 2013**).

Dans cette expérimentation, nous avons testé l'efficacité de l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* sur les chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* pendant le 4^{ème} stade larvaire à différentes doses.

Les résultats ont indiqué que l'extrait d'*Eucalyptus globulus* est très efficace sur le point toxicologique contre les chenilles processionnaire. La dose de 6g/l a enregistré une mortalité de 100% pour la population testée après seulement 5 jours du traitement dans certains cas.

Nos résultats concordent parfaitement avec ceux de Kanat et Alma (**2003**) qui ont noté que toutes l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est très efficace contre les larves de *Thaumetopoea pityocampa*. Les auteurs ont indiqué que la sensibilité des chenilles augmente avec l'augmentation de la concentration utilisée (25, 50, et 100%), et du temps d'exposition à l'insecticide.

Plusieurs extraits de différentes plantes sont testés vis-à-vis les chenilles processionnaire dans le cadre de la lutte biologique contre l'insecte ravageur. Bachir et al., (**2017**) ont montré que les larves de *Thaumetopoea pityocampades* différents stades larvaires traitées aux extraits des feuilles de *Juniperus oxycedrus* et de *Juniperus phoenicea* à différentes concentrations ont présenté des taux de mortalité importantes (56,2±0,38% et 54,4±0,62%).

Contrairement a nos résultats qui indiquent une bonne réaction insecticides de l'extrait des feuilles d'eucalyptus vis-à-vis des insectes lépidoptères, les travaux de (**Aouati , 2016**) ont montré que l'extrait d'*Eucalyptus globulus* testé contre les larves de *culex pipiens* n'a atteint que la moitié de la population à la fin du traitement, même avec la concentration la plus élevée.

L'identification qualitative et quantitative des composants des extraits méthanoliques des plantes révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes: les composés terpéniques et les composés aromatiques dérivés du phenylpropane (**Teisseire, 1991**). Ils peuvent également renfermer divers constituants non volatils (**Bakkali et al., 2008., Bruneton, 1999., Teisseire, 1991**).

Conclusion

Conclusion

La forêt est un écosystème complexe qui englobe une grande diversité d'espèces animales et végétales. Cette surface est menacée par plusieurs facteurs naturels ou humains. Parmi ces facteurs on peut citer les insectes ravageurs qui participent à long terme à la disparition totale de plusieurs forêts dans le monde.

En Algérie, les forêts du pin et de cèdre subissent une dégradation importante d'une année à l'autre à cause de la présence de la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, un lépidoptère de la famille des notonididae qui se nourrit sur les aiguilles du pin et du cèdre pendant son stade larvaire.

Thaumetopoea pityocampa est un des plus grands défoliateur des forêts résineux ou une explosion démographique des populations de cette chenille dans le sud de l'Europe et le Nord de l'Afrique a causé d'importantes défoliations. Les larves se nourrissent des aiguilles de pin pendant l'automne et l'hiver. Cela diminue considérablement la croissance des arbres à court terme, et cause leur mort totale à long terme.

L'intérêt de ce travail est principalement de suivre l'abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire sur les arbres de cèdre au niveau du parc national de « Chréa ». Ensuite et dans le cadre de la lutte biologique contre l'insecte, nous avons testé l'effet de l'extrait aqueux des feuilles d'*Eucalyptus globulus* sur la mortalité des chenilles du 4^{ème} stade larvaire.

L'extrait est préparé dans le laboratoire par la méthode (Soxhlet-Rotavapor) et servi aux larves à plusieurs doses.

Les résultats montrent une infestation moyenne de la région, le taux d'abondance des nids a atteint la moitié de population du cèdre dans le parc national de chréa.

Les taux de mortalité les plus élevés sont enregistrés pour le traitement des chenilles à l'extrait d'Eucalyptus et cela pour la dose la plus élevée. Les doses létales sont également estimées après 8 jours du traitement.

Il est nécessaire de continuer le suivi de l'envol des adultes et l'abondance des nids d'hivers dans plusieurs forêts de pin et de cèdre, ainsi que les tests toxicologiques contre les larves de la chenille processionnaire dans le but de bien cerner sa propagation et diminuer son effet néfaste sur l'environnement.

***Référence
bibliographiques***

A

Abbott W.S., 1925-The value of the dry substitutes for liquid lime sulphur as a control for san jose scale. Journal of Economic Entomology. 18 : 265-267.

Abderahim A., 1983 : Comportement des trois espèces d'eucalyptus introduit à Baïnem. Thèse d'étude (D.E.S).U.S.T.H.B. Alger. 87p.

ANDI, 2013: Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

Anonyme02: https://www.researchgate.net/figure/extracteur-deSoxhlet_fig40_315842186

Anonyme 04 :<https://www.laborantin.com/produits/montages-reactionnels-verrierie-et-supports/montages-complets/soxhlet.html#>.

Anonyme 05 : <https://agronomie.info/fr/taxonomie-caracteres-botaniques-cedre-de-latlas/>.

Anonyme01:https://phyto.revuesonline.com/articles/lvphyto/abs/2018/09/lvphyto_2019_sprphyto000953/lvphyto_2019_sprphyto000953.html

Anonyme03:REFIRONC<https://www.laborantin.com/produits/montagesreactionnels-verrierie-et-supports/montages-complets/soxhlet.html#>.

Anonyme06: Available on: <http://dlecorgnechimie.fr/>

Anonyme07:<http://olom8om.blogfa.com/post/29>.

Anonyme08:<https://fr.dreamstime.com/extracteur-soxhlet-chaudi%C3%A8re-%C3%A0-percolateur-reflux-fiole-distillation-l-%C3%A9l%C3%A9ment-chauffage-classe-chimie-organique-image165077259>.

Anonyme09:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c3/Eucalyptus_globulus_K%C3%B6hler%E2%80%93Medizinal-Pflanzen-147.jpg/258px-Eucalyptus_globulus_K%C3%B6hler%E2%80%93Medizinal-Pflanzen-147.jpg

Anonyme10 : Google Earth.

Aouati 2016: Etude de la toxicité de certaines plantes sur les larves de culex pipiens (Diptera, Culicidae). These université Mentouri, p 150.

Attal, 1995**Bedreddine A, 1994 :** contribution à l'étude des insectes du chêne vert (*Quercus ilex* L) dans le parc national de Chréa. Thèse Magister, Inst, nati, agro, El-Harrach, 250p.

B

Bachir, 2017:Infestation par *Thaumetopoea pityocampa* Den and Schiff. Dans deux pineraies de la region de Djelfa Algérie et impact de *Juniperus Oxycedrus* et *Juniperus*

Phoenicea sur la mortalité et la consommation des larves in Vitro. Revue Agrobiologia. 7(2): 427-439

Bakkali.2008:Biological effects of essential oils. A review.*Food ChemToxicol.* 46:446–475.

Barbaro L. et Battisti A., 2011:Birds as predators of the pine processionary moth (*Lepidoptera: Notodontidae*). *Biological control*, vol. 56, PP 107-114

Battisti 1988 :Host–plant relationships and population dynamics of the pine processionary moth *Thaumetopoeapityocampa* (Denis and Schiffermüller). *Journal of Applied Entomology-ZeitschriftFur Angewandte Entomologie*, 105: 393-402.

Battisti A., Stasny M., Buffo E., Larsson S. 2006: A rapid altitudinal range expansion in the processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Glob. Change Biol.*, 12: 662-671.

Battisti , M. Stastny, S. Netherer, C. Robinet, A. Schopf, A. Roques, S. Larsson, 2005:Expansionof geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures, *Ecol. Appl.* 15 (6) (2005) 2084–2096.

Battisti,A., Bernardi M., & Ghiraldo C., 2000 : Predation by the hoopoe (*Upupa epops*) on pupae of *Thaumetopoea pityocampa* and the likely influence on other natural enemies. *BioControl*, N  45, pp 311-323.

Belin, 2011 : Note sur l'approche statistique de la diversité en   cologie. Pp 21.

Belin, 2011:Note sur l'approche statistique de la diversité en   cologie. Pp 21.

Beloued A, 1998 Plantes médicinales d'Algérie. E. O.P.U. Algérie.

Benazzeddine, 2010: Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis- à - vis vis-à -vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Mémoire d'ingénieur d'état en science agronomique. Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger.102p

- Bentouati A, 2005 :** Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill.) dans le massif de Ouled- Yakoub et des Beni-oudjana (Khenchela- Aures). Sciences andTechnologie. pp. 57-62
- Bentouati A, 2008 :** La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie). *Forêt méditerranéenne*, vol. 29, no 2, pp. 203-208.
- Bentouati et Bariteau ,2006 :** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*pinus halepensis* m.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès), Université El Hadj Lakhdar de Batna 1.
- BNEF, 1984** Parc national de Chréa, étude du milieu. Le bureau national des études forestières, Blida, 149p. Algerie.
- Bonnaillie L, 2012 :** Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea* L) *Revue de génie industriel*, 7, 35-45.
- Bonnet C., Martin J.C., Mazet R., 2008 :** Les moyens de lutte disponibles et à venir en milieu forestier et urbain. In: Colloque Insectes et changement climatique. [en-ligne] Micropolis, Aveyron (France).
- Bouchon et Toth, 1971 :** Etude préliminaire sur les pertes de production des pinédes soumises aux attaques de la processionnaire du pin *thumetopoea pitycampae* SCHIFF. *Ann .Sci .Forest* ; 1971,28 (3), 323_ 340.
- Boudy P., 1955 -** Économie forestière nord-africaine. Ed. Masson et cie, paris, Tome IV .p826.
- Bouhraoua, 2003 :** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l'Ouest Algérien. Etude particulière des problèmes posés par les Insectes. Thèse.Doc.Univ.Tlemcen. 220 p
- Boutchiche F et Boutrigue S ,2016:** Caractérisation morphométrique de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de son hôte au niveau de la wilaya de Tlemcen, Thèse.universite de tlemcen.
- Bouzid w., M.yahia 1, M.Abdeddham, M.C.Aberkane et Ayachi, 2011 :** Evaluation de l'activité antioxydant et antimicrobienne des extraits de l'aubépine monogyne.
- Bruneton. J 1999 :** Pharmacognosie Phytochimie plantes médicinales. édition
- Buchi R, 2016 :** Manuels d'instruction de Rotavapor, 108p.

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. [Online] 9 (1) ,65 - 72. [<http://onlinelibrary.wiley.com>].

Burjeron A, 1972 : Étude des facteurs responsables du rythme nycthéméral de la prise alimentaire des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa*Schiff. et des conséquences sur la virose cytoplasmique. Ann. Zool. - Écol. Anim. 4(3): 353-366.

C

Cardil, U. Vepakomma, L. Brotons., 2017:Assessing pine processionary moth defoliation using unmanned aerial systems, *Forests* 8 (2017) 1–13.

Carroll et Quiring, 1993:Influence of feeding by *Zeiraphera canadensis* (Lepidoptera: Tortricidae) on growth of white spruce: larval density– damage and damage–shoot production. *J.Appl. Ecol.* 30: 629–639

Carus ,2004 : Impact of defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia*) trees in Turkey, *Phytoparasitica* 32 (5) (2004) 459–469.

Chararas C., 1974 :La pression osmotique des essences forestières et rapports avec l'installationdesinsectesXylophages.Ed.Gauthier-Villars,218p.48

Chekchak C., 1985 : Cartographie de la végétation d'une partie du parc national de Chréa. Mém. ing. agro, Inst, nati, agro, El-harrach, 131 p.

Chararas C., 1974 :La pression osmotique des essences forestières et rapports avec l'installation des insectes Xylophages. Ed. Gauthier-Villars, 218 p. 48

Chenchouni, K. Zanati, A. Rezougui, A. Briki, A. Arar, 2010:Population pheromone trapping at the southern limit of distribution of *Pinus halepensis* in Eastern Algeria, *Forest. Sci. Technol.* 6 (2) (2010) 67–79.

Chia F., Xing J., 1996 : Echinoderm coelomocytes, *Zool Stud.* 35: 231-254.

Cochard, B., Bovigny P.Y and Lefort F., 2014 : La chenille processionnaire du pin. Horticulture romande. N 7/8

Craig.L.C., Gregory J.D, W. Hausmann, 1950 :“ Versatile laboratory concentration device”, *Anal Chem*,; 22: 1462.

D

- Dajoz R, 1998** : Les insectes et la forêt. ed. Lavoisier Tec&Doc. 594 p. Paris.
- Demarteau M., 2006** : Response de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futures. Mémoire de Licence en sciences géologiques. Faculté des sciences, université du liège, Belgique, 55p
- Demolin G, Frerot B, Chambon J.P. et Martin J.C, 1994** : Reflexions biosystématique sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea*, (Lep. *Thaumetopoeidae*) considérées comme ravageurs importants des cedres *Cedrus libani* Barel et *Cedrus atlantica* Manetti sur le pourtour du bassin méditerranéen. *Ann. Rech. For. Maroc*, 27 (spécial), Vol.2, pp. 362-733.
- Démolin 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 – Répercussion sur l'efficacité des parasites. *Ann. Zool. - Écol. Anim. Hors série* : 33-56.
- Demolin, 1967** : Grégairisme et subsocialité chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Nid d'hiver - activité de tissage. C. R. Ve congrès de l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux. pp 69-77.
- Demolin, 1969** : Bioecología de la processionaria del pino, *Thaumetopaea pityocampa* Schiff, Incidencia de los factores climáticos. *Biol. Serv. Plagas Forest*, 123 : pp 9-24.
- Denis et Schiffermüller, 1775** : Etude de (Lepidoptera *Thaumetopoeidae*) dans les pineraies semi arides. *An. Rech. For. Algérie*, 12, 30-42.
- Derridj A, 1990** : Etude des pollinisations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 288 p.
- DGF Blida, 2020** : Secteur de la direction générale des forêts dans la wilaya de Blida
- DGF, 2004** : Secteur de la direction générale des forêts algérienne.

E

- El Hassani A, Graf P, Hamdaoui M, Hanachi K. et Messaoudi J, 1994** : Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. . *Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts*. Edition D.P.V.C.T.R.F., Rabat, 203 p.

Elie, 2009: Chenilles processionnaires. mai 2004, mars 2006, mars 2009, pp : 2-8.

Emile R., Demarteau M., Francois L., Et Cheddadi R,2007 : Réponses de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Géo-EcoTrop*, 31: 105: 146.

Fabre J.P., 1976-Extension du cèdre et risques d'attaques d'insectes. Biologie et forêts. Station de recherche forestière. INRA ; R .F .F . XXVIII, p 4.

Ferrandes P, 1986:Cèdres. Revue forestière française, vol. XXXVIII, n° spécial

Foudil-Cherif Y, 1999 : Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'*Eucalyptus globulus* labill. et *camaldulensis*. These magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.

G

Gansner, D. A., O. W. Herrick & M. Ticehurst , 1985 : A method for predicting gypsy moth defoliation from egg mass counts. *North. J. Appl. For.* 2: 78-79

Graf et Mzibri, 1994 :"L'infestation du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti par la chenille processionnaire du pin au Maroc et son impact sur la productivité." *Ann Rech For Maroc* 2: 613-624

Groenen F and Meurisse N, 2012:Historical distribution of the oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* in Europe suggests recolonization instead of expansion. *Agricultural and Forest Entomology*,14: 147–155.

H

Halimi A, 1980 : l'Atlas blidéen – Climats et étages végétaux. Ed,O,P,N, Alger 523p.

Halimi A., 1980 : L'Atlas blidéen - climat et étages végétaux. Office des Publications Universitaires, Hydra,Alger, 523p.

Hoch E.P. Toffolo, S. Netherer, A. Battisti, A. Schopf, 2009: Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion, *Agric. Forest Entomol.* 11 (2009) 313–320.

Hodar J.A., Zamora R., Castro J,2004 : Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecol. Entomol.* [online] 27, 292-301. [<http://www.interscience.wiley.com/jpages/0307-6946/>] (consulté le 14 Mars 2011)

Hodar, J. Castro, R. Zamora, 2003: Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming, *Biol. Conserv.* 110 (1) (2003) 123–129.

Houamel., 2012 : Contribution a l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna cas du Parc National du Belezma. Mémoire de Magistère. Univ Aboubeker Belkaïd. Tlemcen. 84 p.

Huchon et Demolin 1971 : La bioécologie de la processionnaire du pin dispersion potentielle dispersion actuelle. F; F; XXII. Spécial *la lutte biologique en forêt* : 220-234 p.

J

Jactel H ., Jacquet J.S and Orazio C 2012:Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of Forest Science.* 69:857–866

Jactel H., Menassieu P, Vétillard F, Barthélémy, Piou D, Frérot B, Rousselet J., Goussard F,Branco M. and Battisti A, 2006 : Population monitoring of the pine processionary moth (Lepidoptera:Thaumetopoeidae) with pheromone-baited traps. *Forest Ecology and Management* Vol 235, pp 96-106.

Jalbert M., 2015 :Direction de la protection des forêts insectes, maladies et feux dans les forêts du Québec. Forêts, faune et parcs. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs 2016, p 58.

Joly P, 1970 : Action des déprédations dues aux insectes défoliateurs sur le pin maritime. *Rev For Française* N° special (la lutte biologique en foret), pp205-210

K

Kerris T, 2002 :La chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermuller. La chenille processionnaire du pin. Hacharate.

Krouchi., 2010 : Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel Tala-guilef, Djurdjura Nord-Ouest, Algérie. Thèse Doctorat. Univ U.M.M.T.O. 227 p.

L

L'environnement :INRA UEFM Journées Techniques CS3D Saint Malo. Sciences et impact. Entomologie et Forêt Méditerranéenne Centre de recherche PACA.

Lacey & H. Kaya, 2007:Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology, Dordrecht, Kluwer Academic, 2007, 2e éd.

Lambert, 2010 :Les principales pistes du dépérissement du cèdre. Pp : 1-110.

Lanier, 1976 :Les champignons des cédraies en Algérie (Etude comparative). Ann.

Larhabi Y., Belghyti D., El Guamri Y., Lahlou O., El Kharrim K., Khamri Z., et El Madhi Y., 2010 :sensibilité de deux moustiques Culicidés (*Anopheles labranchiae* et *Culex pipiens*) aux insecticides. Bull.soc.pharm.Bordeaux. (149): 33-42.

Laurent C, et Lecomte H,2006 :La santé des forêts. RES. FOR 3.

Lavine M.D., Strand M.R., 2002 : Insect hemocytes and their role in immunity, *Insect Biochemistry And Molecular Biology*, 32 (10): 1295-309.

Linares, J.C., Senhadji, K., Herrero, A.,Hódar, J.A, 2014. Growth patterns at the southern range edge of Scots pine: disentangling the effects of drought and defoliation by the pine processionary caterpillar. *For Ecol. Manage.* 315: 129–137.

Luo J., Rui W., Jiang M., Tian Q., Ji X., Feng Y,2010 :Separation and Identification of Diarylheptanoids in Supercritical Fluid Extract of *Alpinia Officinarum* by UPLC–MS–MS, *Journal of Chromatographic Science*, 48, 795-801.

Lysyk, 1990 ;Relationships between spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) egg mass density and resultant defoliation of balsam fir and white spruce. *Can. Entomol.*122: 253–262.

M

M'hirit O, 1999 : Le cèdre de L'atlas a travers le réseau Silva Mediterranea « cèdre » Bilan et perspectives. forêt méditerranéenne. Coordonnateur du réseau "cèdre" Ministère chargé des Eaux et Forêts Rabat-Chellah-Maroc.

M'hirit, 1982 : Études écologiques et forestières des cédraies du Rif Marocaine : essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas. *Ann. Rech. For.Maroc.*Vol. 2.499 p.

Markalas, 1989 : Influence of soil moisture on the mortality, fecundity and diapause of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *J. Appl. Ent.* 107 : 211-215.

Martin J.C, Brinquin A.S, 2017 :Les clés pour lutter contre la processionnaire du pin. INRA Unité expérimentale Entomologie et Forêt Méditerranéenne, p 14.

Martin et Bonnet 2008 : Les moyens de lutte disponibles et à venir en milieu forestier et urbain. In : Colloque Insectes et changement climatique. [en-ligne] Micropolis,Aveyron (France).

Martin et Jambois 2016 :Protection des arbres et des personnes contre les nuisances causées par la processionnaire du pin. Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agricole. Sciences et impact, p 16.

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. [en-ligne] [<http://www.prodinra.inra.fr/prodinra /pinra/index.xsp>] (consulté le 23 Novembre 2010)

MartinJ.K, 2018:Connaître et gérer la processionnaire du pin tout en préservant

Martin, 2005 :La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon. [en-ligne] [<http://www.prodinra.inra.fr/prodinra /pinra/index.xsp>] (consulté le 23 Novembre 2010).

Martin, 2006:Méthodes de lutte contre la chenille processionnaire du pin en forêt. Régions corse, Languedoc- Roussillon, Paca et Rhône- Alpes. Département de la santé des forêts Information technique N° 57. Echelon technique Sud – Est.

Martin, 2007:Futura nature science: Le cycle biologique de la processionnaire du pin. Dossier la processionnaire du pin. INRA. Planet. pp. 35.36

Meddour, 1994: Contribution phytosociologique de la portion centro-orientale du parc National de Chréa . Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas blidéen .Mem. Mag. Agr .,I .N.A.,Alger, 329p .

Metro A., 1970: Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris, p513.

Miri, 1988 in Sbabdji, 2012: Étude des infestations de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.: description spatiotemporelle et interaction arbredéfoliateur. Thèse de doctorat, ENSA, El Harrach, Alger.

Référence bibliographiques

Miri, 1988: Essai de cartographie de la végétation sur la région de Ghellaie dans le parc national de Chréa . Th. Ing. Agr., I.N.A., Alger, 122p.

N

Nedjahi, 1988 in Houamel, 2012 : Contribution à l'étude du dépérissement de la cédraie dans la région de Batna cas du Parc National du Belezma. Mémoire de Magistère. Univ Aboubeker Belkaïd. Tlemcen. 84 p.

Nicault A., Rathgeber C., Tessier L., Thomas A., 2001 : Observations sur la mise en place du cerne chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.): confrontation entre les mesures de croissance radiale, de densité et les facteurs climatiques, *Annals of forest science* 58 (7) : 769-784.

O

Ouadah N., 2016 : Estimation de la valeur économique et sociale des services rendus par les écosystèmes forestiers méditerranéens. Parc national de chréa Algérie. Plan Bleu, Valbonne.

P

Pimentel C, Ferreira C, Nilsson, J.A, 2010: Latitudinal gradients and the shaping of lifehistory traits in a gregarious caterpillar. *Biol. J. Linnean Soc.* [online] 100(1), 224-236. [<http://www.interscience.wiley.com/jpages/0024-4066/>] (consulté le 23 Janvier 2011).

Plan de gestion document polycopie du parc national de Chréa. Blida, Algérie, 170p.

Pons ,1964 in Toth, 1980: Le cèdre: de la graine, dissémination, extraction, qualité, germination, conservation. Extr de foret privée, N131, pp 78-84.

Putod, 1950 in Meddour, 1994: Contribution phytosociologique de la portion centro-orientale du parc National de Chréa . Essai d'interprétation synthétique des étages et des séries de végétation de l'Atlas blidéen .Mem. Mag. Agr .,I .N.A.,Alger, 329p .

Q

Questienne et Miermont, 1979: Contribution à la connaissance de *Thaumetopoea pityocampa*(Schiff). Etude de la chenille processionnaire du pin et du cedre au Maroc, *Ann.Rech. Forest. Maroc*, T. 19, pp. 80-147.

Quezel, 1986 :«Les pins du groupe «Halepensis»: écologie, végétation, écophysiologie." *Options méditerranéennes*: 11-24.

R

Rabiai, 2014 : Étude physicochimique et évaluation de l'activité biologique d'une huile essentielle et l'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* de la région M'SILA. These université de M'SILA.

Ramade, 1980 : La conservation des écosystèmes méditerranéens, aménagement et nature 121: 24-32.

Raymond, 2009 : Chenille Processionnaire du pin. De fortes défoliations. Pas d'effolement! Point de la situation sur le Massif Landais hiver 2009-2010. Santé des Forêts Aquitaine et Midi-Pyrénées, pp 1-4. *Rech.For.Maroc*.27 Vol 2.Pp : 554-561.

Rivière, 2011 : Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale. Thèse doctorat vétérinaire, faculté de médecine de Créteil (France).57.

Robert et Max, 2003 : Plantes thérapeutiques (2ème édition). Lavoisier.

Robinet C., Rousselet J., Roques A, 2013 :Potential spread of the pine processionary moth in France: Preliminary results from a simulation model and future challenge. *Annals of Forest Science*. 71(2):149-160.

Robinet C., Rousselet J., Roques A., 2013. Potential spread of the pine processionary moth in France: Preliminary results from a simulation model and future challenge. *Annals of Forest Science*. 71(2):149-160.

Robinet, C, Imbert, C.E, Rousselet, J, Sauvard, D, Garcia, J, Goussard, F, & Roques,A 2011: Human-mediated long-distance jumps of the pine processionary moth in Europe. *Biological Invasions*, 1-13.

Ronnås C., Larsson S., Pitacco A., Battisti A. 2010 : Effects of colony size on larval performance in a processionary moth. *Ecol.Entomol*. [online]35,436-445. [<http://www.interscience.wiley.com/jpages/0307-6946/>] (consulté le 23 Janvier 2011).

S

Sbabdji , O. El Hadi, A. Haddad, B. Kadik, L. Lambs ,2009 : Cedar tree growth (*Cedrus atlantica* Manetti) in Chré'a national park, Algeria, and the influence of defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.), Rev. Ecol. Terre Vie 64 (2009) 323–332.

Sbabdji, 1997 :Contribution à l'étude de la perte de croissance de *Cedrus atlantica* Manetti suite aux attaques de la processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* schiff). Thèse : Magister Sciences Agro. INA El-Harrach, 116 p.

Sbabdji, 2012 : Étude des infestations de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.: description spatiotemporelle et interaction arbrédéfoliateur. Thèse de doctorat, ENSA, El Harrach, Alger.

Sebti et Chakkali, 2014: Distribution and importance of the pine processionary moth winter nests *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Notodontidae) in the forests cedar of the National Park of Chrea, Algeria. *International Journal of Agricultural Science and Research* 4(5):77-84

Semah et Miskovsky, 2004 : Evolution de la végétation de puis deux millions d'années. Edition errance. 225p.

Soltani N, Aribi N et RizK G, 1988 : Etude de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera, Notodontidae) et effets de *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Annals Soc. ent. Fr. (NS)* 24(4) : 377-500.

T

Toth, 1978:Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrusatlantica* M.) dans le sud de la France. Thèse. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille, France. 136p.

Toth, 1980: Le cèdre III. La graine des plants en pépinière, reboisement, régénération.

Toth, 2005:Le cèdre de France. Etude approfondie de l'espèce. Paris, Le Harmattan. Biologie.Ecologie, Agronomie.207 p.

W

William B. Jensen, 2008: The Origin of the Rotavap. Jof Chem Educ; 85 (11: 1481. DOI: 10.1021/ed085p1481.

Z

Zamoum, M., H. Guendouz, 2007 :"Structure des communautés d'ennemis naturels de *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) sur pin d'Alep en Algérie subsaharienne." *Entomologica: Annali di Entomologia Generale ed Applicata*(40): 139- 151.

Zamoum, 1986 : Instruction technique, réseau d'avertissement contre la processionnaire du pin juin 1986. INRF Doc. interne 14 pp.

Zeraia, 1986 : Zeraia L., 1986 : Etude phytosociologique des groupements végétaux forestiers du parc national de Chréa. *Ann. Rech. Forest. En Algérie*, Vol 11, pp 23-52

Zouggar, 1987 :Contribution à la cartographie de la végétation du Parc National de Chréa, station sud de Chréa. Th. Ing. Agr., I.N.A., Alger, 89 p.