

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ahmed Zabana de Relizane
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques



جامعة غليزان
RELIZANE UNIVERSITY

MEMOIRE

**En vue de l'obtention du diplôme de MASTER
Dans le cadre de la décision 008 : Diplôme Institution Economique**

Spécialité : Parasitologie

Intitulé

Production d'un répulsif anti-moustique naturel

Présenté par :

Mlle : Tsabet Amina

Mlle : Zerrad Lalia Aya

Devant les membres de jury :

Président : Mme Belhamra Zineb

Maître de conférences (A) (U. Relizane)

Encadrant : Mme Nabti Ismahane

Maître de conférences (B) (U. Relizane)

Co- Encadrant : Mme Sbahi Khayra

Maître de conférences (A) (U. Relizane)

Examineur : Mlle Sebaa Sarra

Maître de conférences (B) (U. Relizane)

Représentant de l'incubateur : Mr Felleh Ahmed

Maître assistant (B) (U. Relizane)

: Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Avant tout, on rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, le Clément et le Miséricordieux, qui nous a accordé la force, la patience et la santé nécessaires pour mener à bien ce travail.

On tiens à exprimer nos profonde gratitude à **Mme Nabti Ismahane**, notre encadrante, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son encadrement bienveillant et son accompagnement tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et son soutien constant ont été d'un apport inestimable dans la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements les plus sincères vont également à **Mme Sbahi Khayra**, co-encadrante, pour sa précieuse collaboration, ses observations pertinentes et son suivi attentif durant toute la période de recherche.

Nous tenant à exprimer nos sincères remerciement à **Mr Arrossi**, le responsable de notre spécialité pour les moyens qu'il a mis à notre disposition afin de faciliter notre travail.

Nous remercions chaleureusement nos parents, pour leur amour inconditionnel, leurs prières et leur soutien moral et matériel tout au long de mon parcours. Que Dieu les protège et les récompense pour tous leurs sacrifices.

Une pensée particulière à nos frères et sœurs, qui ont toujours cru en nous, nous ont encouragée et soutenue avec affection et générosité.

Enfin, on n'oublie pas nos amis, pour leur présence, leurs encouragements, leur bonne humeur et tous les moments partagés qui ont rendu cette aventure plus légère et plus agréable. Merci d'avoir été là, chacun à votre manière.

Tableau de matière

| | |
|--|-----------|
| Resumé..... | 1 |
| Liste des figures..... | 3 |
| Liste des tableaux..... | 5 |
| Introduction..... | 6 |
| Chapitre 1 : Revue Bibliographique..... | 8 |
| 1 Les moustiques et leur impact sur la santé humaine..... | 10 |
| 1.1 Taxonomie et biologie des moustiques | 10 |
| 1.2 Cycle de vie et écologie | 15 |
| 1.3 Rôle des moustiques dans la transmission des maladies..... | 18 |
| 2 Les répulsifs anti moustiques : définition et classification..... | 19 |
| 2.1 Mécanisme d'action des répulsifs | 19 |
| 2.2 Les répulsifs de synthèse :..... | 19 |
| 2.2.1 IR 35/ 35..... | 19 |
| 2.2.2 KBR 3023 :..... | 20 |
| 2.2.3 Le DEET : | 21 |
| 2.3 Les répulsifs naturels : origine et principes actifs | 22 |
| 2.3.1 Huiles essentielles et extraits végétaux | 22 |
| 2.3.2 Composés bioactifs responsables de l'effet répulsif | 22 |
| 2.3.3 Exemples des plantes aux propriétés répulsives..... | 23 |
| 2.3.4 Avantages et inconvénients des répulsifs existants..... | 25 |
| 3 Technique d'extraction et analyse des composés actifs..... | 27 |
| Chapitre 2 : Etude Expérimentale..... | 28 |
| 1 Matériel et méthodes..... | 30 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1.1 | Matériel Biologique..... | 30 |
| 1.2 | Plante étudiée | 31 |
| 1.2.1 | Choix des plantes | 31 |
| 1.2.2 | Le basilic | 31 |
| 1.2.3 | La Lavande | 32 |
| 1.3 | Préparation des extraits végétaux | 34 |
| 1.3.1 | Extraction d'huile essentielle | 34 |
| 1.3.2 | Principe d'hydro distillation..... | 34 |
| 1.3.3 | Méthode d'extraction | 34 |
| 1.3.4 | Rendement d'extraction | 35 |
| 2 | Evaluation de l'efficacité répulsive | 36 |
| 2.1 | Méthodologie des tests répulsifs | 36 |
| 2.2 | Mesure de la durée d'efficacité et des doses optimales..... | 37 |
| 3 | Formulation de stabilité du répulsif naturel | 37 |
| 3.1 | Choix des excipients et formulation finale..... | 37 |
| 3.2 | Test de stabilité et de conservation | 39 |
| 3.2.1 | Analyse physico-chimique | 39 |
| 3.2.2 | Analyse microbiologique | 41 |
| 3.3 | Optimisation de la formulation pour une application pratique | 42 |
| | Chapitre 3 : Résultats et Discussion | 43 |
| 1 | Résultats | 44 |
| 1.1 | Résultats de l'extraction d'huile essentielle | 44 |
| 1.2 | Résultats des tests d'efficacité | 46 |
| 1.3 | Résultats des tests physico-chimiques..... | 48 |
| 1.3.1 | Analyse de la viscosité | 48 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.3.2 | Analyse de pH | 48 |
| 1.3.3 | Analyse du test de sabilité..... | 49 |
| 1.4 | Les tests microbiologique..... | 50 |
| 1.4.1 | Les germes Escherichia coli : | 50 |
| 1.4.2 | Les levures et moisissure : | 50 |
| 1.4.3 | Les germes aèrobies mésophiles | 51 |
| 1.5 | Résultats des tests de sensibilité..... | 52 |
| 2 | Discussion..... | 53 |
| | Comnclusion | 53 |
| | Référence bibliographique..... | 54 |
| | Guide de projet..... | 62 |

Résumé

Les moustiques sont des vecteurs majeurs de maladies graves, dont la propagation est accentuée par le changement climatique. Face aux limites et aux effets secondaires des répulsifs chimiques, des alternatives naturelles sont de plus en plus recherchées. Ce travail a consisté à formuler une crème anti-moustiques à base d'huiles essentielles de lavande (*Lavandula dentata*) et de basilic (*Ocimum basilicum*), extraites par hydrodistillation à l'aide d'un distillateur électrique. La crème obtenue a été soumise à plusieurs tests, dont l'évaluation de l'efficacité répulsive sur deux espèces de moustiques : *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. D'autres analyses de qualité ont été menées : mesure de la viscosité à 30 °C avec un viscosimètre, mesure du pH, test de stabilité par centrifugation, et contrôle microbiologique. Les résultats ont montré que la crème possède une bonne stabilité physique, un pH adapté à la peau, une absence de contamination microbienne, et une efficacité répulsive variable selon les doses utilisées, avec des effets significatifs contre les deux espèces ciblées. Ce travail met en évidence le potentiel des huiles essentielles dans la formulation de répulsifs naturels efficaces, sûrs et écologiques, pouvant constituer une alternative aux produits chimiques classiques

الخلاصة

تُعدّ البعوضة من النواقل الرئيسية للأمراض الخطيرة، والتي قد تفاقم التغيرات المناخية من انتشارها. ولأن استخدام المواد الطاردة للبعوض ذات الطابع الكيميائي يعد خطيرا على الصحة العامة، يزداد الاهتمام بالبدائل الطبيعية. يهدف هذا العمل إلى تحضير كريم طارد للبعوض يعتمد على الزيوت الأساسية المستخلصة من اللافندر (*Lavandula dentata L.*) والريحان (*Ocimum basilicum L.*) باستخدام جهاز التقطير الكهربائي. خضع الكريم لعدة اختبارات، من بينها تقييم الفعالية الطاردة على نوعين من البعوض *Culiseta longiareolata* و *Culex pipiens*. كما تم إجراء تحاليل أخرى، منها قياس اللزوجة عند 30 درجة مئوية بجهاز اللزوجة، وقياس درجة الحموضة (pH) واختبار الثبات بالطرد المركزي، والفحص الميكروبيولوجي. أظهرت النتائج أن الكريم يتمتع بثبات فيزيائي جيد، ودرجة حموضة مناسبة للبشرة، وبأنه خال من التلوث الميكروبي، كما أن فعاليته الطاردة تختلف حسب الجرعة

المستعملة، مع تأثير ملحوظ ضد النوعين المستهدفين. في الأخير، نستطيع أن نقول أن هذا العمل يبرز قدرة الزيوت الأساسية على إعطاء فعالية في تركيبة المنتجات الطاردة للبعوض الطبيعية فعالة كما تجعلها آمنة وصديقة للبيئة، حيث قد تمثل بديلاً محتملاً للمنتجات الكيميائية التقليدية.

Abstract

Mosquitoes are major vectors of serious diseases, and their spread is worsened by climate change. Due to the limitations and side effects of chemical repellents, natural alternatives are increasingly being explored. This study aimed to formulate a mosquito repellent cream based on essential oils of lavender (*Lavandula dentata*) and basil (*Ocimum basilicum*), extracted by hydrodistillation using an electric distiller. The resulting cream underwent several tests, including the evaluation of its repellent effectiveness against two mosquito species: *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. Additional analyses of quality were conducted: viscosity measurement at 30 °C using a viscometer, pH measurement, stability testing by centrifugation, and microbiological control. The results showed that the cream has good physical stability, a skin-friendly pH, no microbial contamination, and a repellent effect that varied depending on the dose used, with significant effects on both targeted species. This work highlights the potential of essential oils in the formulation of natural, effective, safe, and eco-friendly mosquito repellents, offering an alternative to conventional chemical products.

Liste des figures :

| | |
|---|-------------------------------------|
| Figure 1: Les caractéristiques des œufs de moustique | 10 |
| Figure 2: Comparaison entre les larves des moustiques d'espèces <i>Anophèles</i> et <i>Culex</i> | 11 |
| Figure 3: Nymphe de <i>Culex quinquefasciatus</i> | 11 |
| Figure 4: Tête et thorax de larve d'anophèle..... | 12 |
| Figure 5: Derniers segments abdominaux et siphon respiratoire des <i>Aedes</i> et des <i>Culex</i> | 12 |
| Figure 6: Systématique générale des culicidés présents en Algérie | 14 |
| Figure 7: Aspet générale d'un Culicinae adulte | 15 |
| Figure 8: Cycle biologique du moustique..... | 17 |
| Figure 9: Structure chimique de l'IR 3535 | 20 |
| Figure 10: Structure chimique du KBR 3023 | 20 |
| Figure 11: Structure chimique du DEET (diéthyl-m-toluamide). | 21 |
| Figure 12: Schéma du montage de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau..... | 27 |
| Figure 13: Séphon de <i>Culex pipiens</i> | 30 |
| Figure 14: Séphon de <i>Culiseta langiarealata</i> | 30 |
| Figure 15: Les Cages utilisées pour l'élevage et trie des différents stades de développement de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseta langiarealata</i> | 31 |
| Figure 16 : Les feuilles et les feuilles séché de Basilic | 32 |
| Figure 17: Plante de <i>lavandula dentata</i> dans l'Université de Relizane..... | 33 |
| Figure 18: Appareil hydrodistillateur | 35 |
| Figure 19: Les matériex utilisés pour la préparation d'une crème | 38 |
| Figure 20: Préparation d'une crème | 39 |
| Figure 21: Crème anti-moustique sur la viscosimétre | Error! Bookmark not defined. |
| Figure 22: Crème anti-moustique sur le pH métre | Error! Bookmark not defined. |
| Figure 23: La centrifugation..... | 40 |
| Figure 24: Les analyses microbiologique d'une crème anti-moustique..... | 41 |
| Figure 25: Le rendement d'huile essentielle de lavande | 44 |
| Figure 26: Le rendement d'huile essentielle de basilic | 44 |
| Figure 27: La dose primaire de spray répulsif | 44 |
| Figure 28: L'effet de la température sur l'extraction des huiles essentielles par distillation | 45 |
| Figure 29: Cage avec spray répulsif | 46 |

| | |
|---|----|
| Figure 30: Cage sans répulsif | 46 |
| Figure 31: L'apparence du produit finale | 47 |
| Figure 32 : Test viscosité d'une crème anti-moustique..... | 48 |
| Figure 33: Test de pH d'une crème anti-moustique | 48 |
| Figure 34: Stabilité d'une crème anti-moustique | 49 |
| Figure 35: Test de <i>E. coli</i> de la crème | 50 |
| Figure 36: Le test de levure et moisissure d'une crème..... | 50 |
| Figure 37: Test de germe aèrobie mésophiles d'une crème | 51 |
| Figure 38: : Pendant l'application | 52 |
| Figure 39: Après l'application | 52 |
| Figure 40: Etiquette de produit..... | 54 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae..... | 12 |
| Tableau 2: Les moustiques sont les vecteurs d'un certain nombre d'agents pathogènes. Cette liste n'est pas exhaustive..... | 18 |
| Tableau 3 Le rendement obtenu de lavande en fonction de temps..... | 44 |
| Tableau 4: Résultats de l'extraction d'huile en fonction de la qualité des feuilles et du volume d'eau utilisé..... | 45 |

Introduction Générale

Introduction Générale

Les moustiques sont parmi les insectes les plus nuisibles et dangereux pour la santé humaine. Leur présence ne se limite pas à la simple gêne due aux piqûres, mais s'accompagne surtout d'un rôle central dans la transmission de maladies infectieuses graves telles que le paludisme, la dengue, le virus Zika, le chikungunya ou encore la fièvre jaune. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de la moitié de la population mondiale est exposée aux maladies transmises par les moustiques, notamment dans les régions tropicales et subtropicales (WHO, 2021). La situation s'aggrave avec les effets du changement climatique, qui favorise l'expansion géographique des moustiques et prolonge leur période d'activité annuelle (Githeko et al., 2000)

Pour lutter contre ces vecteurs, les répulsifs chimiques ont longtemps été la solution la plus répandue. Des composés tels que le DEET (N,N-diéthyl-m-toluamide), l'IR3535 ou la perméthrine sont utilisés dans la majorité des produits du commerce. Bien que leur efficacité soit bien documentée, leur utilisation fréquente soulève des inquiétudes croissantes en matière de toxicité, d'effets allergènes, et d'impacts environnementaux. Plusieurs études ont démontré que ces produits peuvent provoquer des réactions cutanées, des irritations des yeux, et même, dans certains cas, une neurotoxicité chez les enfants en bas âge (Corbel et al., 2009; Maia & Moore, 2011)

Dans cette optique, les recherches se tournent de plus en plus vers des alternatives naturelles, notamment les produits à base de plantes médicinales ou aromatiques. Les huiles essentielles, extraites par distillation de différentes parties de plantes (feuilles, fleurs, tiges), sont riches en molécules actives telles que les monoterpènes, les phénols, et les alcools terpéniques (Bakkali et al., 2008). Ces composés possèdent des propriétés répulsives, antimicrobiennes, anti-inflammatoires et apaisantes, ce qui les rend particulièrement intéressants pour des applications cosmétiques et dermatologiques (M. B. Isman, 2000)

Parmi les huiles les plus étudiées pour leur effet répulsif figurent celles de lavande (*Lavandula dentata*) et de basilic (*Ocimum basilicum*) (Pavela, 2015). La lavande contient du linalol et de l'acétate de linalyle, des molécules qui perturbent la capacité des moustiques à détecter l'odeur de l'hôte (Nerio et al., 2010). Le basilic, quant à lui, est riche en estragole, eugénol et méthylchavicol, aux effets prouvés sur plusieurs espèces de moustiques, notamment *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* et *Culex pipiens* (Pavela, 2015)

Toutefois, l'intégration de ces huiles essentielles dans une formulation cosmétique comme une crème pose plusieurs défis. Il est nécessaire de garantir la stabilité du produit, la bonne dispersion des huiles dans la base grasse, la conservation des propriétés actives, ainsi que la sécurité d'utilisation sur la peau. À cela s'ajoute la nécessité de déterminer la concentration optimale qui permet d'obtenir un effet répulsif suffisant sans provoquer d'effets indésirables. La durée d'action et la persistance de l'effet répulsif sur la peau ou une surface doivent également être prises en compte, surtout dans des zones à forte densité de moustiques.

C'est dans ce contexte que se pose la problématique suivante :

Comment formuler une crème anti-moustiques naturelle, à base d'huiles essentielles de lavande et de basilic, qui soit à la fois stable, efficace, bien tolérée par la peau, et adaptée à une utilisation pratique et quotidienne ?

La présente étude a pour but de développer une formulation cosmétique naturelle sous forme de crème, en incorporant des huiles essentielles connues pour leurs propriétés répulsives, et d'en évaluer l'efficacité sur l'espèce *Culex pipiens* et *Culiseta langiareolata*, l'un des moustiques les plus répandus en milieu urbain. Ce travail inclut également l'analyse de la viscosité, du pH, de la stabilité du produit, ainsi que l'étude de la mortalité des moustiques en fonction des différentes doses utilisées. L'approche adoptée repose sur l'utilisation de matières premières d'origine naturelle, combinées selon une formulation équilibrée assurant à la fois la performance biologique et la sécurité dermatologique.

Afin d'atteindre les objectifs de ce travail, une première partie a été consacrée à une revue bibliographique portant sur les moustiques, les maladies vectorielles, les répulsifs conventionnels et naturels, ainsi que sur les propriétés biologiques des huiles essentielles, notamment celles de lavande et de basilic.

La deuxième partie est expérimentale : elle décrit l'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation, la formulation de la crème anti-moustiques à base de ces huiles, ainsi que les différentes analyses réalisées. Celles-ci incluent des tests physico-chimiques (pH, viscosité, stabilité), microbiologiques, et biologiques visant à évaluer l'efficacité de la crème contre les moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*

Chapitre 1 : Revue Bibliographique

Revue Bibliographique

1 Les moustiques et leur impact sur la santé humaine

1.1 Taxonomie et biologie des moustiques

L'invasion de moustique en Algérie a donné lieu à plusieurs classifications basées sur les différences morphologiques entre les quatre stades de développement des moustiques, car il s'agit d'insectes généralement modifiés (diptères). Cette classification peut être effectuée de deux manières :

- Visualisation des caractéristiques morphologiques : La distinction théorique est faite sur la base de la différence de caractéristiques entre les œufs, les larves et les adultes (femelles/mâles).

a) **L'œuf** : sa taille est d'environ 0,5 mm Lorsqu'ils éclosent (**Rodhain ,Perez, 1985**), ils sont blancs et deviennent rapidement noirs ou bruns. Sa forme varie selon le sexe et même l'espèces (**Séguy, 1950**).

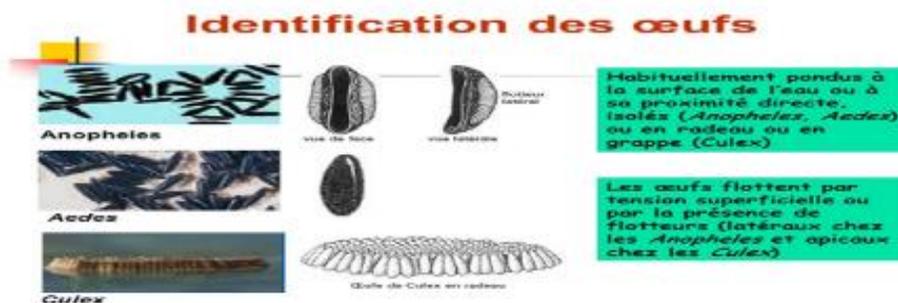


Figure 1: Les caractéristiques des œufs de moustique (**Prof. Ousmane, s. d.**)

b) **Larve** : Sa croissance passe par quatre stades similaires de formes et de tailles différentes (de 1 à 1,5 cm). Son corps est constitué d'une tête, d'un thorax et d'un abdomen (**Moulinier Claude, 2003**), ce qui est important sur le plan taxonomique car il possède neuf segments similaires, à l'exception du dernier, qui contient les organes respiratoires, le spiracle distal chez les Anophèles et le siphon non fixé chez les Collicinae et les Adrianoptera. Ce dernier contient le peigne siphonal (épines latérales, longitudinales, internes, symétriques) et l'endosiphonal (parfois des paires asymétriques, souvent disposées basalement, sous-ventralement ou latéralement)

Revue Bibliographique

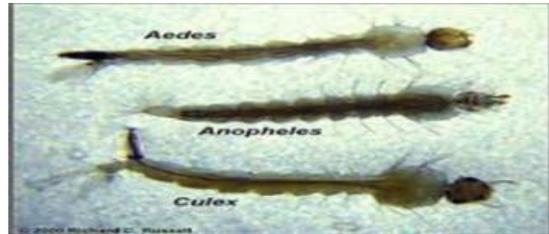


Figure 2: Comparaison entre les larves des moustiques d'espèces *Anophèles* et *Culex* (Hanggoro, s. d.).

- c) **Nymphes** : La nymphe de la famille des moustiques est caractérisée par une tête et un thorax réunis en une seule masse sphérique, qui est le céphalothorax, et une partie postérieure pointue et courbée qui forme l'abdomen de la nymphe du moustique, Il se compose de huit parties visibles, chacune ayant des poils distincts (Moulinier Claude, 2003)

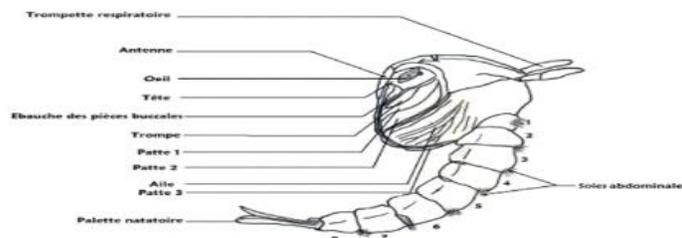


Figure 3: Nymphe de *Culex quinquefasciatus*

(AMOUGOU ZIBI, 2010)

- d) **Adulte** : Le corps de moustique adulte compose de trois parties : la tête, le thorax, l'abdomen. Les adultes mesurent, selon les espèces, de 5 à 20 mm (Both, 1980; Wood D, 1984) .

- **Tête**: La tête porte les organes sensoriels (les yeux composés et une paire d'antennes très velues chez les mâles), et les pièces buccales. .

Les pièces buccale chez les femelle: -un labium en gouttière, avec labelles, constituant une gaine ; des stylets perforants : labre, mandibules et maxilles ; un hypo pharynx (avec canal salivaire) que forme avec le labre; épi pharynx le canal alimentaire.

Les pièces buccales chez les mâles : dépourvues de stylets maxillaires.

Revue Bibliographique

- **Thorax** : C'est la partie centrale du corps à laquelle sont attachées les pattes, les ailes les balanciers. Il est composé de trois segments soudés : prothorax, mésothorax et métathorax. Chacun porte une paire de pattes (le moustique a en 6 pattes) (**Vacus, 2012**).

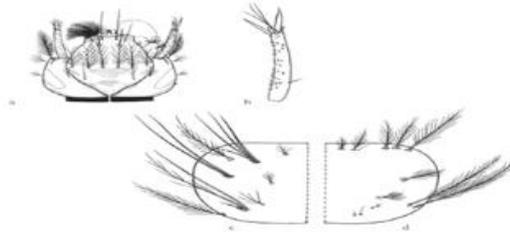


Figure 4: Tête et thorax de larve d'anophéle (**Gillies, 1968**)

- **L'abdomen** : Il se compose de neuf parties presque identiques, à l'exception de l'avant-dernière, qui est souvent d'importance taxinomique. Qui portent les organes respiratoires ; Ouverture du stigmate fixe chez les Anophlinae et formation d'un siphon dorsal chez les Culicinae et les Aedinae.

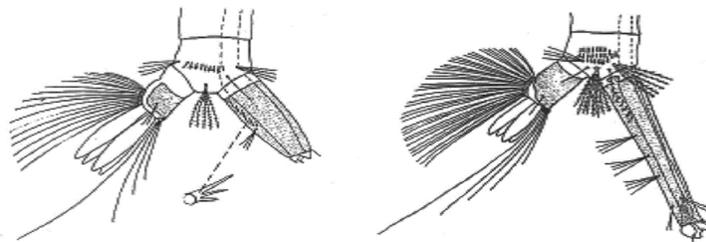


Figure 5: Derniers segments abdominaux et siphon respiratoire des *Aedes* et des *Culex* (**Service, 1968**)

Tableau 1 : Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae (**Danis & Mouchet, 1991**)

| | ANOPHELINAE | | CULICINAE | |
|-------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>Anopheles</i> | <i>Aedes</i> | <i>Aedes</i> | <i>Culex</i> |
| Œufs | | | | |
| Larves | | | | |
| Tête | | | | |
| Position au repos | | | | |

Revue Bibliographique

Il existe deux types de siphons : le peigne siphonal, composé d'épines (ventrolatérales, longitudinales et symétriques) et les soies siphonales, parfois en paires asymétriques et souvent disposées en touffes sous-ventrales ou basales, parfois latérales ou sous-dorsales.

- Caractéristiques moléculaires : Ceci a conduit à l'émergence d'un groupe de techniques « électrophorèse sur gel des protéines, précédée de l'étude cytogénétique des chromosomes ». Par la suite, le séquençage génétique, la réaction en chaîne par polymérase (PCR) et l'amplification isotherme ont été développés. Récemment, la spectrométrie de masse a été appliquée pour clarifier l'identité des moustiques.

Grâce à ces caractéristiques morphologiques, les moustiques sont classés comme appartenant à l'ordre des insectes (*hexapodes*) et à l'ordre des ailés (*diptères*). Ils font partie de la famille des Nematocera, qui se caractérisent par leurs longues antennes plumeuses. La famille des moustiques, d'après les enregistrements.

Les enregistrements publiés de 1903 à 2021, comprend cinquante-trois espèces appartenant à sept genres connus avec une confiance raisonnable dans le pays, dont *Aedes* (15 espèces), *Anopheles* (15 espèces), *Coquillitida* (2 espèces), *Culex* (14 espèces), *Culiseta* (5 espèces), *Orthopodumia* (1 espèce) et *Uranotaenia* (1 espèce). Deux espèces supplémentaires, *Culex simpsonii* Theobald (1905) et *Uranotaenia palfrei* Theobald (1904), sont considérées comme étant provisoirement présentes en Algérie. Les enregistrements publiés pour chaque espèce sont inclus. L'espèce *Aedes biskraensis* Brunhes, 1999 est restreinte à la zone de Seriana dans le cercle de Sidi Okba de la province de Biskra.

Revue Bibliographique

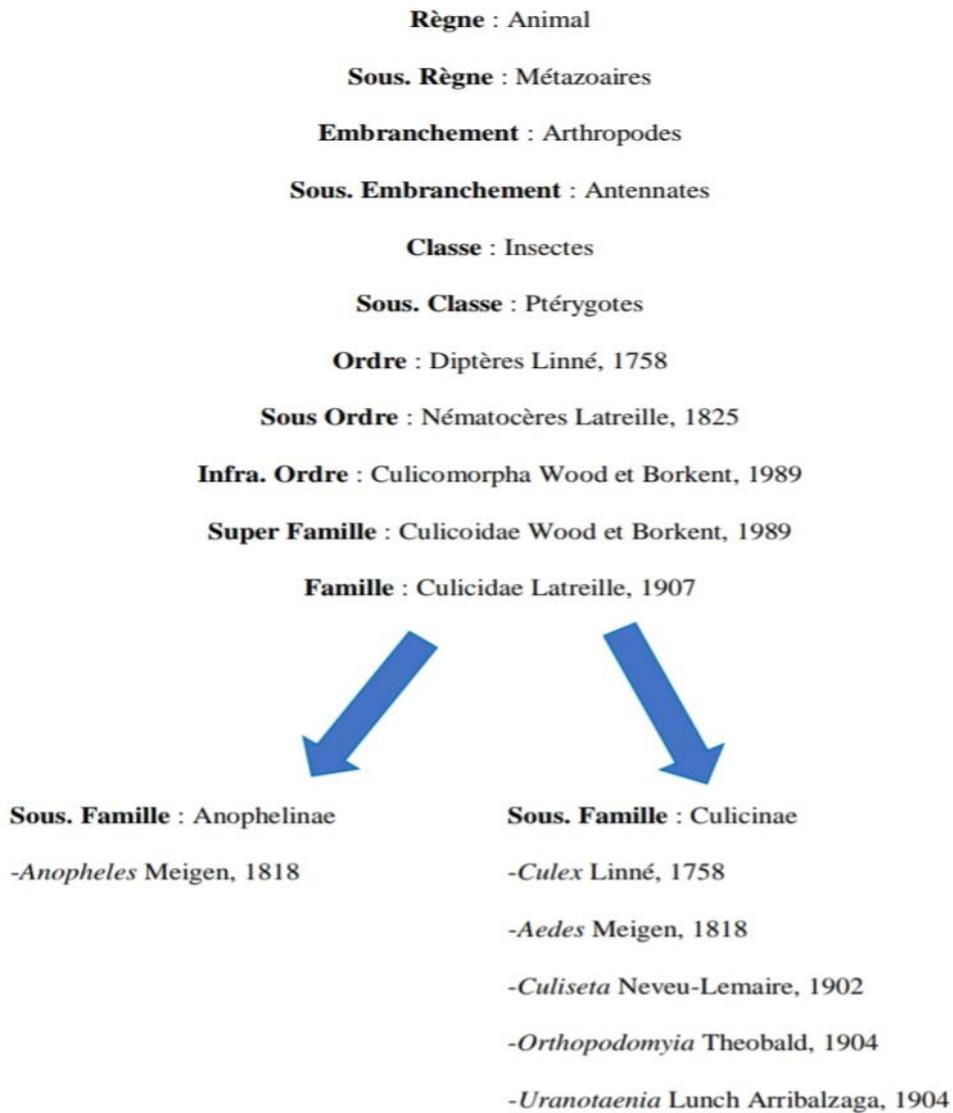


Figure 6: Systématique générale des culicidés présents en Algérie (Rayane et al., 2022)

Revue Bibliographique

1.2 Cycle de vie et écologie

Le cycle de vie des culicidés s'étend sur 2 à 3 semaines lorsque les conditions climatiques sont favorables. Toutefois, en cas de températures plus basses, il peut se prolonger considérablement en raison de la présence de formes de résistance, telles que les œufs, les larves et les adultes en état de quiescence (Auriane, B, 2010).

Le moustique au cours de sa vie passe par deux phases distinctes.

- ✓ **Une phase aquatique (pré-imaginale)** : marquée par une série de mues successives (œuf, larve, nymphe).
- ✓ **Une phase aérienne (imaginale)** : correspondant au stade adulte, consacré à la reproduction sans développement supplémentaire (Guillaumot, 2013).

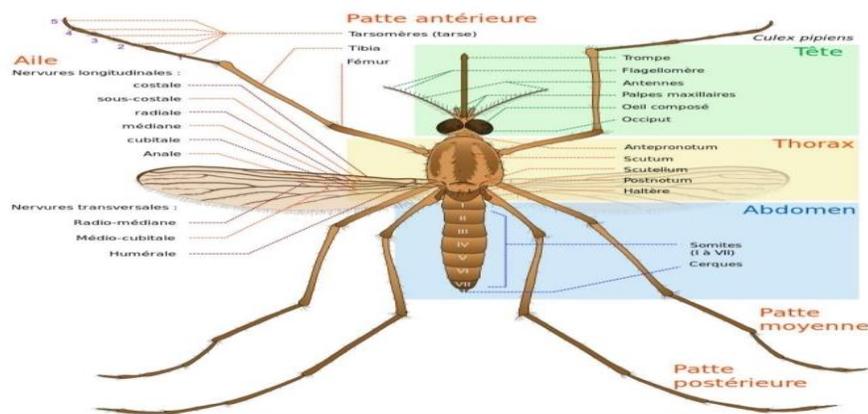


Figure 7: Aspect générale d'un Culicinae adulte (Wissem & Imene, 2021)

✓ phase aérienne :

Les adultes s'accouplent en vol ou sur la végétation et présentent une capacité de dispersion variant de 1 à 2 km. Les mâles, grâce aux longs poils sensoriels présents sur leurs antennes, détectent le bourdonnement généré par le battement rapide des ailes des femelles lors de leur approche des essaims en vol nuptial. L'accouplement aboutit au transfert de la semence du mâle vers la femelle, qui la stocke dans une structure spécialisée, la spermathèque. Cette dernière assure la conservation des spermatozoïdes jusqu'à leur utilisation, permettant ainsi à la femelle de ne s'accoupler qu'une seule fois au cours de sa vie (Darriet, 1998).

Revue Bibliographique

Après la fécondation, les femelles recherchent un repas sanguin, leur principale source de protéines et d'acides aminés nécessaires à la maturation des œufs. Ce repas est prélevé sur un vertébré hôte (mammifère, oiseau, amphibien) et est ensuite digéré dans un environnement calme et abrité (**Guillaumot, 2006**). Une fois gravide, la femelle sélectionne un site de ponte adapté au développement des larves. La ponte, qui se produit généralement au crépuscule, a lieu dans un gîte larvaire constitué d'une étendue d'eau stagnante ou à faible courant, qu'elle soit douce ou salée en fonction de l'espèce. (**Ayitchedji, 1990**)

✓ Phase aquatique :

Selon les espèces, la femelle dépose ses œufs dans divers milieux aquatiques. La ponte comprend généralement entre 100 et 400 œufs. La durée du stade ovulaire varie de 2 à 3 jours, en fonction de plusieurs facteurs environnementaux, notamment la température de l'eau, son pH, la nature et l'abondance de la végétation aquatique, ainsi que la faune associée. À maturité, les œufs éclosent et donnent naissance à des larves de premier stade (L1), mesurant entre 1 et 2 mm. Celles-ci se développent progressivement jusqu'au quatrième stade larvaire (L4), atteignant environ 1,5 cm. Elles se nourrissent de matières organiques, de microorganismes et, pour certaines espèces carnassières, de proies vivantes. Bien qu'aquatiques, les larves de moustiques possèdent une respiration aérienne assurée par des stigmates respiratoires ou un siphon. Au stade L4, la larve est facilement observable à l'œil nu. Son corps est composé d'une tête portant latéralement les taches oculaires et deux antennes, suivie d'un thorax et d'un abdomen. Le passage d'un stade larvaire à un autre (de L1 à L4) s'effectue par des mues successives. Après une période variant de 6 à 10 jours, voire plus selon la température de l'eau et la disponibilité en nourriture, la larve de quatrième stade subit une dernière mue pour se transformer en nymphe : c'est le processus de nymphose (**Guillaumot, 2006**).

Sous forme de virgule, la nymphe est mobile mais ne se nourrit pas durant toute la phase nymphale, qui correspond à la métamorphose. Ce stade dure de 1 à 5 jours. À son terme, la nymphe s'étire et son tégument se fend dorsalement, permettant au moustique adulte (imago) de s'extirper progressivement de l'exuvie : c'est le processus d'émergence. Cette étape, d'une durée d'environ 15 minutes, rend l'insecte particulièrement vulnérable aux prédateurs de surface (**Rodhain, 1985**). Les larves de Culicidae passent par quatre stades de développement, mais seule l'identification des larves de quatrième stade est considérée comme fiable. Après leur transformation en nymphes, ces

Revue Bibliographique

dernières sont élevées jusqu'à l'émergence de l'imago, stade auquel l'identification taxonomique est réalisée (Lounaci, 2003) .

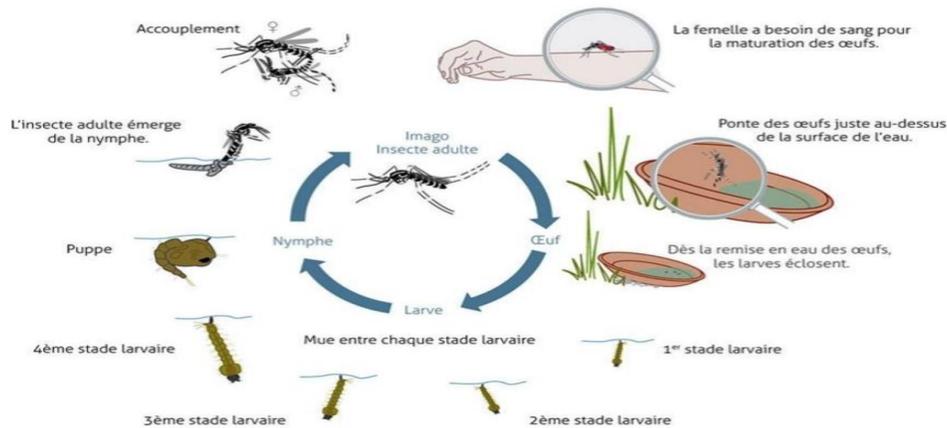


Figure 8: Cycle biologique du moustique (Lelarge, 2023)

Le moustique joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. En raison de sa présence en grand nombre, il constitue une biomasse significative servant de ressource alimentaire à de nombreux prédateurs, notamment les batraciens et les poissons, ce qui en fait un maillon clé de la chaîne trophique des zones humides. De plus, les larves de moustiques, par leur régime omnivore, participent activement au processus de dégradation de la matière organique. En ingérant des débris végétaux en décomposition, elles contribuent à l'accélération du recyclage des nutriments dans les écosystèmes aquatiques.

Cependant, au stade adulte, le moustique est principalement reconnu pour son rôle de vecteur de maladies. Il est impliqué dans la transmission de plus de 100 types de microorganismes, dont l'impact bénéfique sur l'environnement reste inconnu. En revanche, son effet négatif sur la santé humaine est bien documenté. Un exemple marquant est l'épidémie de Chikungunya (CHIKV, famille des *Togaviridae*) survenue à La Réunion en 2005-2006, ayant touché plus de 200 000 personnes et causé plus de 100 décès (Azzouz & Halib, 2017) .

Revue Bibliographique

1.3 Rôle des moustiques dans la transmission des maladies

Les moustiques sont des vecteurs de transmission de maladies entre humains et sont les animaux les plus mortels, tuant plus de personnes que toute autre créature au monde. Cela se fait par les piqûres de moustiques infectés. Elle provoque des maladies de nature virale, bactérienne ou parasitaire que les moustiques transmettent d'une personne à une autre. Les maladies les plus courantes transmises par les moustiques sont le paludisme, la dengue, le virus Zika, la fièvre chikungunya et la fièvre jaune.

Ces maladies sont transmises par différents types de moustiques:

Tableau 2: Les moustiques sont les vecteurs d'un certain nombre d'agents pathogènes. Cette liste n'est pas exhaustive (**Gibson, 2024**)

| Vecteur | | Maladie provoquée | Type d'agent pathogène |
|-----------|------------------|-----------------------------|------------------------|
| Moustique | <i>Aedes</i> | Chikungunya | Virus |
| | | Dengue | Virus |
| | | Filariose lymphatique | Parasite ¹ |
| | | Fièvre de la vallée du Rift | Virus ² |
| | | Fièvre jaune | Virus |
| | | Zika | Virus |
| | <i>Anopheles</i> | Filariose lymphatique | Parasite |
| | | Paludisme | Parasite |
| | <i>Culex</i> | Japonais encephalitis | Virus |
| | | Filariose lymphatique | Parasite |
| | | Fièvre du Nil occidental | Virus |

1 Un parasite est un organisme eucaryote

2 Un virus est un agent infectieux qui ne peut se répliquer qu'au sein d'un organisme hôte.

Revue Bibliographique

2 Les répulsifs anti moustiques : définition et classification

2.1 Mécanisme d'action des répulsifs

La composition chimique de certains répulsifs, notamment ceux de synthèse, est bien connue et révèle une grande diversité de structures chimiques. En revanche, pour les répulsifs à base d'huiles essentielles, comme l'huile d'eucalyptus, le principe actif n'est souvent pas identifié de manière précise. Il est possible que leur effet répulsif résulte de l'action synergique de plusieurs composés présents dans le mélange. Par conséquent, leur mode d'action sur la physiologie des insectes reste mal compris, voire controversé, comme c'est le cas du DEET (**Dogan et al., 1999**). L'hypothèse la plus couramment admise concernant le DEET suggère qu'il inhibe la perception de l'acide lactique par les chémorécepteurs situés sur les antennes des insectes (**Dogan et al., 1999**). Par ailleurs, il est supposé que la sensibilité des récepteurs puisse varier selon les espèces d'arthropodes hématophages (**Klun et al., 2001**). ce qui expliquerait les différences de réaction à certains répulsifs, voire la tolérance développée par certains insectes (**Klun et al., 2004**). Il a même été possible de créer en laboratoire des mutants de *Drosophila melanogaster* (Diptera : Drosophilidae) insensibles au DEET (**Reeder et al., 2001**). En outre, la durée de protection d'un répulsif peut varier d'un individu à l'autre (**Rutledge, 1999**), notamment en fonction de la quantité d'acide lactique présente dans la sueur et d'autres facteurs qui influencent l'attractivité de l'être humain pour ces arthropodes hématophages.

2.2 Les répulsifs de synthèse :

Il existe un certain nombre de répulsifs synthétiques sur le marché. Les principes actifs sont chimiques et différents.

2.2.1 IR 35/ 35

L'IR 35/35, a été commercialisé dans les années 1930 (**Boulanger, 2007**). a été évalué par l'EPA (Environmental Protection Agency) aux Etats-Unis par l'OMS sur les pesticides (**Boulanger, 2007**), Sa concentration optimale est de 20 %, avec une durée de protection similaire au DEET. Cependant, aucune étude sur son innocuité chez l'homme n'a été publiée. Une étude en laboratoire a montré qu'à 7,5 %, l'IR 35/35 est quatre fois moins efficace que le DEET à 4,75 % contre *Aedes aegypti*. Pour *An. dirus*, l'IR 35/35 reste moins

Revue Bibliographique

efficace que le DEET (3,8 h contre 5,8 h). Toutefois, à 20 %, l'IR 35/35 et le DEET offrent des efficacités proches contre *Aedes aegypti* et *Culex quinquefasciatus*. Une étude de terrain a révélé que l'IR 35/35 est moins efficace contre *An. gambiae* comparé au DEET et à l'icaridine/KBR 3023, qui a une rémanence plus longue.

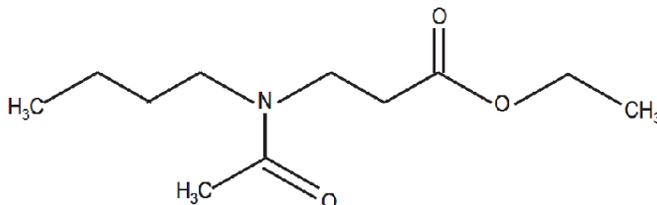


Figure 9: Structure chimique de l'IR 3535 (Abdelli & Gouasmi, 2019)

2.2.2 KBR 3023 :

Le KBR 3023, également connu sous le nom de picaridine, est un répulsif enregistré aux États-Unis en 2001 et commercialisé en France en 1990. Il est efficace contre divers arthropodes hématophages, y compris les moustiques, et peut rester actif jusqu'à 10 heures après application. Son mécanisme d'action n'est pas entièrement compris, mais il cause peu d'irritations. Des études ont montré qu'il est aussi efficace que le DEET contre *Aedes albopictus* et *Culex quinquefasciatus*, avec des résultats similaires en République Tchèque. Le KBR 3023 aurait plutôt un effet sur la recherche de l'hôte (Badolo et al., 2004) (Penetier et al., 2007) .

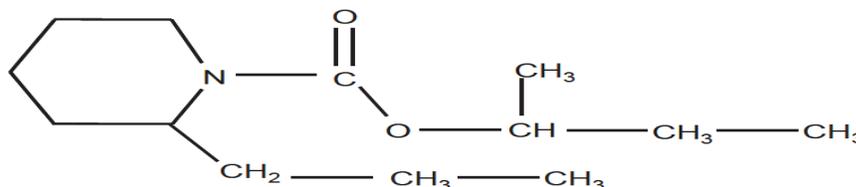


Figure 10: Structure chimique du KBR 3023 (Mohamed, 2011)

Revue Bibliographique

2.2.3 Le DEET :

Le diéthyltoluamide, ou DEET, est considéré comme le plus efficace de tous les insectifuges et est actuellement l'insectifuge le plus vendu sur le marché mondial (RRD, 20). Il est utilisé par l'armée américaine depuis 1954 et est utilisé par environ 200 millions de personnes dans le monde chaque année. Le DEET (USEPA), un membre de la famille des N,N-diéthylamides, est connu pour son efficacité, offrant une protection modérée pendant 4 heures et étant stable contre la chaleur, l'abrasion, les éclaboussures et la transpiration. La durée de protection varie de 201 minutes à 26°C à 24 minutes à 40°C, avec une concentration optimale entre 35% et 50%, pouvant dépasser 50% contre les moustiques *Anopheles*. Peut être attractif à de faibles concentrations. Appliqué sur les vêtements, il reste efficace pendant 4 à 6 semaines. Bien qu'il ait été approuvé pour un usage en santé publique en 1957, son mécanisme d'action exact reste inconnu. Des études suggèrent que cela pourrait empêcher les insectes de détecter les stimuli, tandis que d'autres recherches montrent que les moustiques peuvent détecter le DEET, déclenchant un comportement d'évasion.

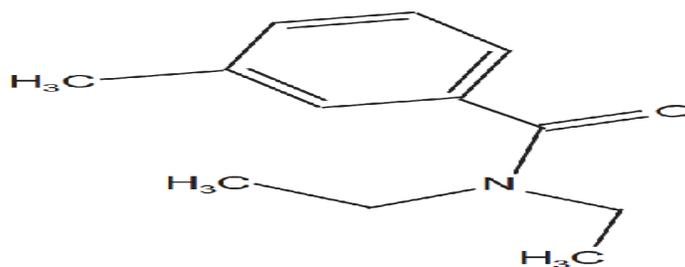


Figure 11: Structure chimique du DEET (diéthyl-m-toluamide)
(Mohamed, 2011)

Revue Bibliographique

2.3 Les répulsifs naturels : origine et principes actifs

2.3.1 Huiles essentielles et extraits végétaux

Les plantes médicinales et aromatiques contiennent de grandes quantités de composés biologiquement actifs bénéfiques, notamment des huiles essentielles. Ces composés sont généralement constitués d'un mélange complexe de métabolites secondaires (terpènes, composés phénoliques et alcools) (Falleh et al., 2020). Les huiles essentielles sont le résultat du métabolisme secondaire des plantes et sont produites dans le protoplasme de leurs cellules (HESSAS & SIMOUD, 2018). Ce sont des liquides aromatiques volatils concentrés dérivés de plantes naturelles et peuvent être extraits de leurs fleurs, feuilles, graines, écorce, branches, bois, racines, tiges souterraines, gomme ou résine d'huile (Liang et al., 2023). Cependant, la diversité des huiles essentielles peut varier en fonction de la partie de la plante utilisée comme matière première (Baptista-Silva et al., 2020). Le terme HE est défini à la fois par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) et par l'AFNOR/ISO (Association française de normalisation). Il s'agit d'un produit aromatique, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie (kurihara, f, 2022), obtenue par distillation ou par des procédés mécaniques. On le trouve dans de nombreuses familles de plantes, et est particulièrement concentré dans un nombre limité d'entre elles, par exemple parmi le myrte, le laurier, l'étoile, le fuchsia, la rue et l'hysope (Zaibet, W, 2016).

2.3.2 Composés bioactifs responsables de l'effet répulsif

Les propriétés répulsives des produits d'origine végétale sont principalement attribuées aux composés volatils bioactifs présents dans les huiles essentielles et les extraits de plantes. Ces composés agissent en perturbant les récepteurs olfactifs des moustiques, empêchant ainsi leur capacité à détecter les hôtes humains ou en induisant un comportement d'évitement (Corzo-Gómez et al., 2024).

Parmi les classes les plus courantes de composés bioactifs ayant une activité répulsive, on retrouve les terpénoïdes, notamment les monoterpènes et les sesquiterpènes. Le citronellal, le citronellol et le géraniol, présents dans *Cymbopogon nardus* (citronnelle), ont démontré de forts effets répulsifs contre diverses espèces de moustiques. De même, le linalol, présent dans la lavande et le basilic, ainsi que l'eucalyptol de *Eucalyptus globulus*, sont largement reconnus pour leurs

Revue Bibliographique

propriétés répulsives. Un autre composé important est le nootkatone, un sesquiterpène extrait du pamplemousse, qui a été approuvé par l'Agence américaine de protection de l'environnement comme répulsif efficace contre les moustiques et les tiques (**EPA, 2020**). Le callicarpenal, dérivé de *Callicarpa americana*, a également montré une activité significative pour repousser les moustiques (**Cantrell et al., 2005**).

En plus des terpénoïdes, plusieurs composés phénoliques contribuent à l'efficacité répulsive des extraits de plantes. L'eugénol, principal composant de l'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), et le thymol, extrait du thym (*Thymus vulgaris*), sont connus pour leurs effets olfactifs puissants sur les insectes, ce qui en fait des répulsifs naturels efficaces (**Corzo-Gómez et al., 2024**). Ces composés bioactifs agissent selon divers mécanismes, tels que l'inhibition olfactive (masquage ou blocage de la détection du dioxyde de carbone et d'autres composés émis par l'humain), l'irritation sensorielle et la dissuasion comportementale, empêchant ainsi les moustiques de se poser ou de piquer (**Nerio et al., 2010**). Leur efficacité dépend de plusieurs facteurs, notamment leur volatilité (qui influence la durée d'action), leur concentration dans la formulation, et les éventuelles interactions synergiques entre les composés (**Koul et al., 2008**).

2.3.3 Exemples des plantes aux propriétés répulsives

Cymbopogon nardus (citronnelle), qui contient du citronnellal, du citronellol et du géraniol. Ces monoterpènes produisent une forte odeur citronnée qui perturbe le système olfactif des moustiques, rendant difficile la localisation des hôtes humains (**Nerio et al., 2010**).

Eucalyptus globulus (eucalyptus) est une autre plante à effet répulsif puissant, principalement en raison de la présence d'eucalyptol (1,8-cinéole), largement utilisé dans les formulations commerciales pour son efficacité (**Corzo-Gómez et al., 2024**).

Azadirachta indica (neem) est un arbre utilisé en médecine traditionnelle et en agriculture, qui contient de l'azadirachtine, un limonoïde agissant à la fois comme répulsif et comme inhibiteur du développement des insectes (**Koul et al., 2008**). *Lavandula angustifolia* (lavande) est riche en linalol et en acétate de linalyle, deux composés efficaces contre les moustiques tout en étant agréables olfactivement. *Syzygium aromaticum* (clou de girofle) est également efficace grâce à l'eugénol, un composé phénolique aux propriétés insecticides et répulsives reconnues (**Corzo-**

Revue Bibliographique

Gómez et al., 2024). Le *Thymus vulgaris* (thym) contient quant à lui du thymol, autre composé phénolique aux effets démontrés contre les piqûres.

Ocimum basilicum (basilic), riche en estragole et en linalol, *Mentha piperita* (menthe poivrée), contenant du menthol, et *Cymbopogon citratus* (citronnelle de Java), contenant du citral, présentent également des propriétés répulsives intéressantes. Ces composés agissent en masquant les odeurs humaines, en perturbant les récepteurs sensoriels des moustiques ou en créant un environnement défavorable à leur comportement alimentaire (**Nerio et al., 2010**).

Revue Bibliographique

2.3.4 Avantages et inconvénients des répulsifs existants

✓ Les avantages des répulsifs

Les répulsifs anti-moustiques constituent l'un des moyens les plus efficaces de prévention contre les maladies vectorielles. Leur usage, recommandé à l'échelle mondiale, s'inscrit dans une stratégie globale de lutte contre les vecteurs de maladies infectieuses.

- L'avantage principal des répulsifs est leur capacité à éloigner les moustiques vecteurs de maladies telles que le paludisme, la dengue, le virus Zika et le chikungunya. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les répulsifs appliqués sur la peau ou les vêtements réduisent significativement les piqûres et donc le risque de transmission de ces maladies (**WHO, 2021**).

- Les répulsifs sont disponibles sous plusieurs formes (sprays, lotions, crèmes, sticks, vêtements imprégnés), ce qui facilite leur adaptation aux préférences et aux besoins des utilisateurs. Certains produits offrent une protection pendant plusieurs heures, ce qui en fait une solution pratique pour les voyageurs ou les personnes vivant dans des zones endémiques (**Debboun & Strickman, 2013**).

- Les répulsifs s'intègrent facilement dans une approche intégrée de prévention, en complément de moustiquaires imprégnées d'insecticide, de vêtements couvrants ou de la gestion environnementale. Leur utilisation renforce ainsi l'efficacité globale des programmes de lutte anti vectorielle (**World Health Organisation, 2014**).

- Parmi les substances les plus efficaces figurent le DEET, l'icaridine (aussi appelée picaridine), l'IR3535 et l'huile d'eucalyptus citronné. Ces agents sont recommandés par les autorités sanitaires internationales pour leur capacité à repousser efficacement les moustiques, les tiques et d'autres arthropodes nuisibles (**Goodyer & Schofield, 2018**).

Revue Bibliographique

✓ Les inconvénients des répulsifs de synthèse

Bien que largement utilisés dans la prévention des maladies vectorielles, les répulsifs anti-moustiques ne sont pas exempts d'inconvénients, tant sur le plan de la santé humaine que de l'environnement ou de l'efficacité à long terme.

- L'un des principaux inconvénients des répulsifs réside dans leur composition chimique. Des substances telles que le DEET (N,N-diéthyl-m-toluamide), l'icaridine ou encore l'IR3535 peuvent provoquer des effets secondaires. Des cas d'irritations cutanées, de réactions allergiques, et dans de rares cas, de troubles neurologiques, ont été rapportés, notamment lors d'un usage excessif ou inapproprié (**Goodyer & Schofield, 2018**). Ces risques sont particulièrement préoccupants chez les enfants et les femmes enceintes, pour qui une prudence renforcée est recommandée (**Debboun & Strickman, 2013**).

- Au-delà des effets sur la santé humaine, les répulsifs chimiques posent également des problèmes écologiques. Des études ont montré que des composés tels que le DEET peuvent contaminer les eaux de surface, affectant potentiellement la faune aquatique (**Joseph, 2023**). De plus, leur fabrication implique des procédés industriels polluants, renforçant ainsi leur empreinte environnementale.

- Une autre limite concerne l'efficacité des répulsifs sur le long terme. Des recherches ont mis en évidence une diminution de la sensibilité des moustiques aux substances actives, suggérant un début de phénomène d'adaptation ou de tolérance, notamment après des expositions répétées au DEET. Ce phénomène pourrait réduire l'efficacité des campagnes de prévention dans certaines régions endémiques.

- Enfin, la durée d'efficacité limitée des répulsifs impose des applications fréquentes pour maintenir une protection efficace, ce qui peut être contraignant pour les usagers. De plus, leur coût peut représenter un frein pour certaines populations à faibles revenus, réduisant ainsi leur accessibilité dans les zones à haut risque de transmission (**Organisation mondiale de la Santé, 2019**).

Revue Bibliographique

3 Technique d'extraction et analyse des composés actifs

Il existe plusieurs façons de l'extraire, mais Les principales utilisations sont : la distillation, l'expression et l'extraction à froid par solvant.

- ✓ La distillation : C'est la méthode la plus fiable, car elle fonctionne avec la plupart des plantes. C'est parce que les huiles essentielles ne se dissolvent pas dans l'eau car ce sont des graisses, mais elles se dissolvent dans la vapeur. La matière végétale est immergée dans un bain-marie, puis bouillie dans un appareil spécial qui envoie de la vapeur d'eau lourde dans la pièce. La vapeur redevient liquide et les huiles se dissolvent pour former une couche crémeuse sur l'eau parfumée. Le temps de distillation est ensuite déterminé en fonction du type de plante. Par exemple: 3 heures pour les géraniums et 4 heures pour les œillets. Il est essentiel de respecter le temps de distillation complet pour obtenir une huile essentielle de haute qualité. C'est pourquoi la distillation à la vapeur est connue comme une technique utilisée pour extraire les huiles essentielles.

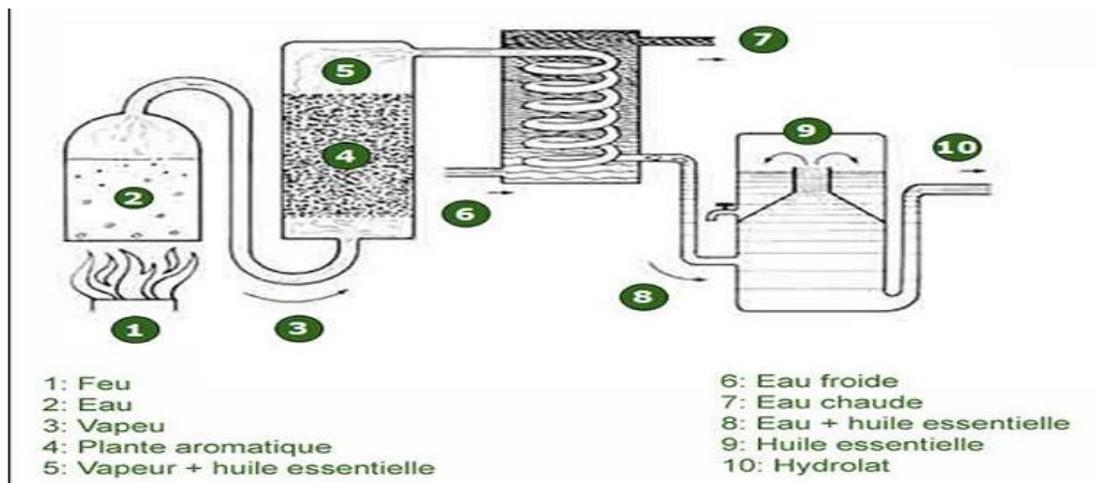


Figure 12: Schéma du montage de l'extraction par entraînement à la vapeur d'eau (Amjoun, 2021)

- ✓ L'extraction à froid : consiste à extraire les huiles essentielles des agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse) sans utiliser de chaleur. Ce procédé mécanique décompose de petites particules, notamment les vésicules et les sacs contenant les huiles. L'essence libérée est ensuite entraînée par un jet d'eau. Le processus implique de fixer les fruits à des dispositifs munis de lames et d'autres éléments, où un couteau circulaire perce la base du fruit. Sous pression, le jus

Revue Bibliographique

est extrait et dirigé vers un collecteur, tout en récupérant l'essence de la peau grâce à un jet d'eau. L'émulsion aqueuse et l'essence sont ensuite séparées par sédimentation. L'avantage de cette technologie réside dans la production d'essence qui n'a subi aucun changement chimique dû à la chaleur. Parallèlement, cette méthode permet également d'obtenir du jus de fruits.

Cette technique, qui ne nécessite pas de lavage, est utilisée pour extraire les zestes d'agrumes. Elle repose sur un principe mécanique et favorise l'utilisation de produits essentiels, tout en évitant la contamination par des bactéries ou des pesticides. Une nouvelle technologie physique active la peau des fruits, permettant d'éliminer l'eau et de réduire les effets de la désoxydation pour former des extraits de qualité .

- ✓ L'extraction par solvant : La dissolution du benzène dans un solvant volatil produit ce qu'on appelle "absolu" . Ce procédé est couramment utilisé pour extraire des arômes et des parfums. Une huile absolue est similaire à une huile essentielle, mais est généralement plus concentrée et peut contenir une plus large gamme de composés aromatiques. Il est utilisé dans l'industrie du parfum et non dans les traitements (**Festhea, 2014**).
- ✓ Extraction assistée par micro-ondes : Au début des années 1990, une nouvelle technologie appelée hydrodistillation par micro-ondes sous vide a été introduite. Elle consiste à chauffer les plantes à l'aide de micro-ondes dans un récipient hermétique à pression réduite, ce qui permet d'extraire les composés volatils grâce à la vapeur d'eau naturellement contenue dans la plante. Plus récemment, une autre méthode innovante a vu le jour : la distillation par micro-ondes sous vide, qui chauffe la plante de manière ciblée. Ce procédé, rapide et économe en énergie, permet d'obtenir un produit de qualité supérieure par rapport aux méthodes traditionnelles, tout en réduisant le temps de traitement par 5 à 10 et en utilisant des températures plus basses. Les micro-ondes produisent généralement un chauffage rapide et intense des matériaux polaires avec une réduction significative du temps de réaction et, dans la plupart des cas, une productivité élevée (**Bekhechi, Abdelouahid, 2010**).

Chapitre 2 :Etude Expérimentale

Etude Expérimentale

1 Matériel et méthodes

1.1 Matériel Biologique

Les essais ont été réalisés sur des moustiques des espèces *Culex pipiens* et *Culiseta langiarealata*

Les larves de *Culex pipiens* et *Culiseta langiarealata* utilisées pour l'élevage ont été collectées dans des gîtes non traités. Ces gîtes sont représentés par un conteneur d'eau stagnante et un fossé situé à proximité de Oued Mina à Relizane.



Figure 14: Séphon de *Culiseta langiarealata* (image originale)



Figure 13: Séphon de *Culex pipiens* (image originale)

Les larves et les nymphes de moustique ont été collectées dans des bouteilles d'eau de 1.5 litre légèrement fermées. Les nymphes ont été versées dans des bacs en plastique à l'intérieur d'une cage qui permettrait à l'air d'entrée.

Pour assurer des conditions de vie convenables, la cage contenant les larves est placée dans une pièce à une température de 26° et une nourriture composée de (coton médicale + solution sucrée) est fournie. La solution sucrée est préparée en mélangeant 100 ml d'eau avec 20 grammes de sucre et en remuant avec une cuillère jusqu'à ce que le sucre se dissolue. La technique d'échantillonnage consiste à plonger la pelle dans l'eau puis à la rémunérer uniformément, en évitant les remous.

Etude Expérimentale



Figure 15: Les Cages utilisées pour l'élevage et trie des différents stades de développement de *Culex pipiens* et *Culiseta langiarealata* (les images originale)

1.2 Plante étudiée

1.2.1 Choix des plantes

À travers l'étude de plusieurs plantes reconnues pour leurs propriétés répulsives contre les moustiques, telles que la citronnelle, le géranium, la menthe poivrée ou encore l'eucalyptus ; notre choix s'est porté sur le basilic et la lavande. Ces deux plantes se distinguent non seulement par leur efficacité naturelle à repousser les moustiques, mais aussi par leur odeur agréable et leur bonne tolérance cutanée. De plus, elles sont facilement disponibles, ce qui les rend idéales pour une utilisation dans un produit anti-moustiques à la fois naturel, efficace et agréable à utiliser.

1.2.2 Le basilic

1.2.2.1 Présentation

Le basilic (*Ocimum basilicum L.*), souvent désigné sous le nom de basilic romain, est une plante herbacée aromatique de la famille des Lamiacées. Originnaire des régions tropicales, son appellation dérive du grec « Basilikom », qui signifie « plante royale ». Couramment utilisé en cuisine, il est également connu sous les noms de pistou, "Lahbeq" ou herbe aux sauces. Cette espèce annuelle atteint une hauteur de 20 à 60 cm et possède des tiges carrées, ramifiées, devenant parfois ligneuses avec l'âge. Ses feuilles, de forme ovale à lancéolée, varient du vert clair au pourpre selon les variétés. Outre son usage culinaire, le basilic est apprécié pour ses vertus médicinales, notamment pour ses effets antioxydants, antimicrobiens, antifongiques et répulsifs contre certains insectes.

Etude Expérimentale



Figure 16 : Les feuilles et les feuilles séché de Basilic
(image originale)

1.2.2.2 Classification systématique

Ocimum.basilicum désigne un genre de Magnoliophyta de l'ordre des Lamiales et de la famille des Lamiacées et la classification taxonomique

| | |
|----------|-------------------------|
| Règne | Plantae |
| Division | Magnoliophyta |
| Classe | Magnoliopsida |
| Ordre | Lamiales |
| Famille | Lamiaceae |
| Genre | <i>Ocimum</i> |
| Espèce | <i>Ocimum basilicum</i> |

1.2.3 La Lavande

1.2.3.1 Presentation

La lavande dentée (*Lavandula dentata* L.), est une plante aromatique vivace appartenant à la famille des Lamiacées. Originaires des régions méditerranéennes et d'Afrique du Nord, elles sont couramment utilisées en parfumerie, en cosmétique et en phytothérapie. Son nom « dentata » fait référence à la forme de ses feuilles, bordées de petites dents régulières. Cette espèce se distingue par son port buissonnant, atteignant entre 30 et 90 cm de hauteur, et par ses feuilles persistantes, étroites, vert grisâtre et fortement aromatiques. Les inflorescences sont constituées d'épis

Etude Expérimentale

terminaux portant des fleurs bleu-violet à l'odeur caractéristique. *Lavandula dentata* est particulièrement appréciée pour son huile essentielle, riche en composés bioactifs, à laquelle on attribue des propriétés antiseptiques, calmantes, antifongiques et insectifuges.



Figure 17: Plante de *lavandula dentata* dans l'Université de Relizane (**image originale**)

1.2.3.2 Classification systématique

D'après (APG III, 2009), *Lavandula dentata* L. est classé comme suit

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Embranchement | Spermaphytes |
| Sous –embranchement | Angiospemes |
| Classe | Dicotylédones |
| Ordre | Lamiales |
| Famille | Lamiacées |
| Genre | <i>Lavandula</i> |
| Espèce | <i>Lavandula dentata</i> |

Etude Expérimentale

1.3 Préparation des extraits végétaux

1.3.1 Extraction d'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle (HE) des feuilles de *lavandula dentata* et *Ocimum Basilicum* a été effectuée en 11 Février 2025 à l'aide d'un montage d'unité d'hydrodistillation au niveau de laboratoire de recherche d'Université Relizane , la plante a été coupée en petits morceaux et soumise à une distillation aqueuse pendant 3 heures à l'aide d'un appareil de type distillateur de 10 litre.

1.3.2 Principe d'hydro distillation

La distillation à la vapeur d'eau est une méthode ancienne et très répandue, pour l'extraction des huiles essentielles a partir des plantes aromatiques. Elle est simple, dans son principe, et utilise un équipement peu coûteux. Elle se présente sous trois variantes: l'entraînement a la vapeur, l'hydrodistillation, l'hydro diffusion. (Silou et al., 2004)

1.3.3 Méthode d'extraction

L'extraction de l'huile essentielle a été réalisée par hydrodistillation dans un appareil de Type alambic de 10 litres. On a récolté des feuilles/fleurs fraîches ou sèches de lavande ou de basilic et en va Les couper en petits morceaux pour augmenter la surface de contact. On place la matière végétale *Lavandula dentata* ou *Ocimum basilicum* (1Kg) dans la cucurbite puis on ajoute 4L d'eau distillée.

Lors du chauffage, l'huile essentielle va être entraînée avec la vapeur d'eau, ce mélange passe ensuite dans le réfrigérant qui est en permanence refroidi par une circulation d'eau. Au contact des parois froides les vapeurs sont refroidies et sont condensées dans le vase florentin.

Le liquide condensé (appelé distillat) est récupéré dans un récipient. Comme les huiles essentielles ne se mélangent pas à l'eau, elles flottent (ou coulent selon leur densité) et peuvent être séparées par décantation.

Enfin, l'huile essentielle est récupérée et stockée dans une fiole en verre ambré couverts en aluminium et conservée au réfrigérateur jusqu'à l'analyse.

Etude Expérimentale



Figure 18: Appareil hydrodistillateur (**image originale**)

1.3.4 Rendement d'extraction

Le rendement en huiles essentielles est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse de la matière végétale utilisée (**Messaoudene, 2014**).

$$\text{RHE} = (\text{MHE} / \text{MMV}) \times 100$$

RHE : Le rendement en huile essentielle (%)

MHE : La masse de l'huile essentielle (g)

MMV : La masse de la matière végétale (g)

Etude Expérimentale

2 Evaluation de l'efficacité répulsive

2.1 Méthodologie des tests répulsifs

Les tests ont été menés sur deux espèces de moustiques, *Culex pipiens* et *Culisetta langiareolata*, que nous avons élevées et surveillées en laboratoire. À partir de ces moustiques, nous avons utilisé des moustiques femelles adultes que nous avons séparés des moustiques mâles à l'aide d'un aspirateur à bouche et à une température adaptée aux conditions environnementale.

➤ Matériels utilisées

- _ Cage entomologique transparente (30×30 cm)
- _ Moustique *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* (femelles adultes)
- _ Mélange répulsif à base d'huile essentielle (basilic et lavande) , préparé en laboratoire
- _ Pipette de 100µL pour dosages
- _ Morceau de filet de capture de moustique (10×10)
- _ Climatiseur à température 25°C

➤ Mode opératoire

Pour tester l'efficacité d'un répulsif à les moustiques, nous avons réalisé un spray contenant des gouttes d'huiles essentielles de basilic et de lavande prélevées avec une pipette. Pour cela, nous avons utilisé une cage entomologique transparente, puis nous avons collé un morceau de filet de pêche mesurant 10×10 cm fixé avec du scratch sur un seul coté du cage..

Après avoir retiré ce morceau de filet de pêche , nous avons mélangé le spray et l'avons vaporisé à une distance de 10 à 15 cm, puis nous l'avons laissé sécher pendant 2 minutes. Enfin, nous avons fixé ce morceau de filet et l'avons collé au centre de cette partie de la cage entomologique transparente, et nous avons réglé l'air conditionné à une température de 25°C. Ensuite, nous avons observé le comportement des moustiques pendant 30 minutes et noté le nombre de fois où les moustiques se sont posés sur le filet pulvérisé.

Etude Expérimentale

2.2 Mesure de la durée d'efficacité et des doses optimales

Un spray anti-moustiques naturel à base d'huiles essentielles de basilic et de lavande a été testé afin d'évaluer son efficacité répulsive. Trois doses ont été appliquées sur des morceaux de filet de pêche :

0,2 mL (0,1 mL de chaque huile)

0,6 mL (0,3 mL de chaque huile)

1,0 mL (0,5 mL de chaque huile)

3 Formulation de stabilité du répulsif naturel

3.1 Choix des excipients et formulation finale

Les excipients utilisés dans cette formulation ont été sélectionnés avec soin, en tenant compte des exigences de stabilité, de tolérance cutanée et d'efficacité du produit. La Cutina a été adoptée comme auto-émulsifiant, capable de produire des émulsions stables et résistantes à la séparation, tout en présentant des propriétés hydratantes, et ce, sans recourir à des émulsifiants synthétiques puissants susceptibles d'irriter la peau. Par ailleurs, la cire d'abeille a été utilisée comme agent épaississant naturel afin d'améliorer la consistance et la cohésion de la crème, tout en contribuant également à l'hydratation.

La gomme de xanthane a été intégrée pour son rôle essentiel dans la stabilisation du mélange des phases huileuse et aqueuse, permettant d'obtenir une texture homogène et stable. La phase lipidique a été enrichie avec l'huile d'amande douce et l'huile de ricin, reconnues pour leurs propriétés d'hydratation profonde, d'apaisement et de régénération de la peau, tout en réduisant les rougeurs, les démangeaisons et les irritations. La glycérine et le propylène glycol ont été ajoutés en tant qu'humectants efficaces, et la vitamine E a été incorporée comme antioxydant naturel pour protéger les huiles contre l'oxydation (rancissement), et un conservateur naturel à base de pépins de pamplemousse a été ajouté pour assurer la sécurité microbiologique de la formule. Ce choix global vise à obtenir un produit cosmétique naturel, stable et respectueux de la peau, tout en étant efficace contre les moustiques

Etude Expérimentale



Figure 19: Les matériels utilisés pour la préparation d'une crème (**image originale**)

➤ La formule finale

Après plusieurs essais visant à formuler un produit anti-moustique à la fois efficace et naturel, nous avons mis au point une émulsion combinant une phase huileuse et une phase aqueuse. Cette formulation contient des huiles essentielles reconnues pour leurs propriétés répulsives contre les moustiques, ainsi que des ingrédients qui protègent la peau et lui apportent une texture agréable. Dans ce qui suit, nous expliquerons les étapes de sa réalisation.

La phase aqueuse a été préparée en dispersant 1ml de gomme xanthane dans 10ml de glycérine, suivie de l'ajout de 5ml de propylène glycol après épaississement du mélange. L'ensemble a été agité pendant 10 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique.

En parallèle, la phase huileuse a été réalisée dans un bécher contenant 10ml d'huile d'amande, 10ml d'huile de ricin, 5ml de Cutina, 5 ml de Lamette, 5 ml de cire d'abeille et 5ml de beurre de karité. Ce mélange a été chauffé au micro-ondes pendant une minute jusqu'à dissolution complète, puis enrichi avec 1 % de bioactif (0,5ml d'extrait de basilic et 0,5ml d'extrait de lavande) et 1ml de conservateur et 1ml de vitamine E. Il a ensuite été homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique.

Etude Expérimentale

Les deux phases ont été réunies et chauffées sur une plaque pour assurer une bonne fusion. Une fois retiré du chauffage, 42ml d'eau distillée chaude ont été incorporés progressivement, en mélangeant doucement au mixeur jusqu'à obtention d'une crème homogène à la texture souhaitée.



Figure 20: Préparation d'une crème (**image originale**)

3.2 Test de stabilité et de conservation

3.2.1 Analyse physico-chimique

1) Viscosimétre

➤ Principe

La viscosité d'une crème est une caractéristique importante qui influence sa texture et son application. Plus la viscosité d'une crème est faible, plus elle sera fluide, ce qui la rendra plus facile à étaler et à absorber par la peau.



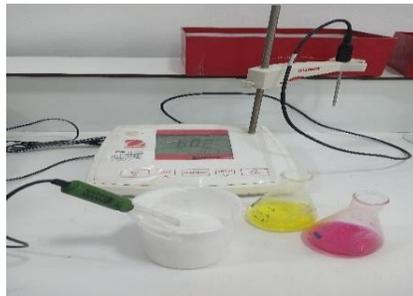
Crème anti-moustique sur le test de viscosité (**image originale**)

Etude Expérimentale

2) Le pH mètre

➤ Principe

Le pH d'une crème est une mesure de son acidité ou son alcalinité, exprimée sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 est neutre, tandis qu'un pH inférieur à 7 est acide et un pH supérieur à 7 est basique ou alcalin. La peau humaine a un pH légèrement acide, généralement compris entre 5 et 6.5, ce qui aide à protéger la peau contre les bactéries et les champignons.



Crème anti-moustique sur le mesure de PH (**image originale**)

3) Test de centrifugation

➤ Principe

Un test de centrifugation a été effectué afin d'évaluer la stabilité physique de crème. Ce test, basé sur l'application d'une force centrifuge, permet de simuler un vieillissement accéléré de la formulation. L'absence de séparation de phase observé après centrifugation témoigne d'une bonne stabilité physique immédiate de la crème.



Figure 21: La centrifugation (**image originale**)

Etude Expérimentale

3.2.2 Analyse microbiologique

Les test microbiologique d'une crème sont effectués pour garantir la qualité microbiologique du produit cosmétique. Ces test sont incontournables puor les inustriels, car la plupart des produit cosmétiques contiennent une quantité importante d'eau, ce qui favorise la prolifération de microorganismes. Trois type de test à été effectués :

✓ Recherche des *Escherichia coli* :

Le milieu de culture utilisé est la gélose désoxycholate. Une quantité de 1ml de l'échantillon a été déposées dans une boîte de Pétri contenant ce milieu.

L'incubation a été effectuée à 45°C pendant 24 à 48h

✓ Recherche des levure et moisissure :

Le milieu utilisé est l'OGA(Oxytetracycline Glucose Agar). 1ml de l'échantillon a été ajouté à une boîte de Pétri contenant ce milieu. L'incubation eu lieu à 25°C pendant 24 à 48h

✓ Recherche des germes aèrobies mésophiles

La gélose PCA(Plat Count Agar) a été déposée sur le milieu, puis étalée en stries.l'incubation s'est déroulée à 30°C pendant 24 à 48 h

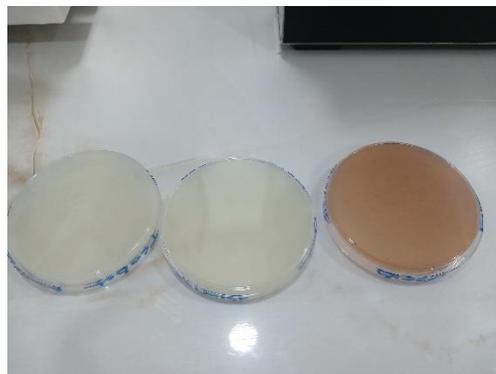


Figure 22: Les analyses microbiologique d'une crème anti-moustique (image originale)

Etude Expérimentale

3.3 Optimisation de la formulation pour une application pratique

L'optimisation de la formulation a consisté à ajuster les proportions des différents composants afin d'obtenir un produit à la fois efficace, stable et adapté à une utilisation pratique (**M. Isman B., 2006**).

Des modifications ont été apportées aux concentrations en substances actives (huiles essentielles), ainsi qu'aux agents de texture, afin d'améliorer la rémanence de l'effet répulsif, la facilité d'application et la stabilité physico-chimique du produit (**Pavela, 2015**).

Des tests en conditions semi-réelles ont permis d'évaluer la performance globale de la formulation retenue (**Maia & Moore, 2011**).

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

Etude Expérimentale

1 Résultats

1.1 Résultats de l'extraction d'huile essentielle



Figure 24: Le rendement d'huile essentielle de basilic (image originale)



Figure 23: Le rendement d'huile essentielle de lavande (image originale)



Figure 25: La dose primaire de spray répulsif (image originale)

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée par hydrodistillation à l'aide d'un dispositif artisanal d'une capacité de 10 L. Deux plantes aromatiques ont été utilisées : la lavande (*Lavandula dentata*) et le basilic (*Ocimum basilicum*).

Pour la lavande, une masse de 1000 g de feuilles fraîches a permis d'obtenir un volume de 3,4 mL d'huile essentielle, soit un rendement de 0,34 %. Quant au basilic, l'extraction à partir de 415,94 g de feuilles fraîches a donné 1,13 mL d'huile essentielle, correspondant à un rendement de 0,27 %.

Une seconde extraction prolongée de lavande sur 180 minutes (au lieu de 120 minutes) a permis d'obtenir un volume plus élevé de 4,8 mL, indiquant une influence positive de la durée d'hydrodistillation sur le rendement.

Tableau 3 Le rendement obtenu de lavande en fonction de temps

| | | |
|----------------------------------|---------|---------|
| La durée de l'extraction (min) | 120 min | 180 min |
| Le rendement (ml) | 3.4 ml | 4.8 ml |

- La figure 28 montre l'évolution du taux de production d'huiles essentielles au fil du temps. Après une heure d'exposition de l'eau distillée et des feuilles de plantes à la chaleur, on observe la première goutte. Ceci est dû à la température maximale, responsable de la séparation de l'huile et de l'eau, du processus d'évaporation et de la formation de gouttes sur une surface froide, du

Etude Expérimentale

processus de condensation. On en conclut que plus la température est élevée, plus le taux de production d'huiles essentielles est élevé.



Figure 26: L'effet de la température sur l'extraction des huiles essentielles par distillation (**image originale**)

Le tableau ci-dessous illustre la relation entre le volume d'eau, la masse des feuilles utilisées et le pourcentage d'extrait obtenu. On constate que plus le volume d'eau est élevé, plus la consommation augmente, ce qui permet d'obtenir un extrait de volume plus important, notamment avec le basilic et la lavande .

Tableau 4: Résultats de l'extraction d'huile en fonction de la qualité des feuilles et du volume d'eau utilisé

| | La lavande | Le basilic |
|----------------------|------------|------------|
| La masse de (g) | 1000 g | 415,94 g |
| Le volume d'eau (ml) | 5 ml | 4 ml |
| Le rendement (ml) | 3,4 ml | 1,13 ml |

Etude Expérimentale

1.2 Résultats des tests d'efficacité



Figure 28: Cage sans répulsif
(image originale)

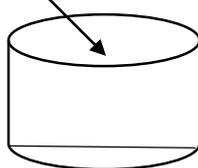


Figure 27: Cage avec spray répulsif
(image originale)

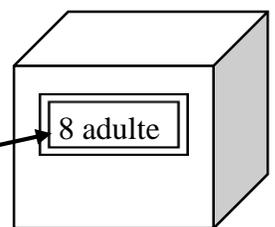
- L'évaluation de l'efficacité répulsive de la crème formulée a été réalisée sur des femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta langiarealata* en environnement confiné, en utilisant un support inerte (bâche de serre) imprégné de différentes doses de la formulation. Trois doses ont été testées. Pour la première dose, composée de 0,5 mL d'huile essentielle de basilic et 0,5 mL de lavande, 3 moustiques sur les 7 initialement présents sont morts après 19 heures d'exposition. La deuxième dose, correspondant à 0,3 mL de chaque huile essentielle, a entraîné la mort de 3 moustiques sur 6 après 22 heures. Enfin, la troisième dose, composée de 0,1 mL de basilic et 0,1 mL de lavande, a provoqué la mort de 4 moustiques sur 8 après 20 heures. Ces données brutes permettent de quantifier l'effet de chaque concentration sur la mortalité des moustiques au fil du temps.

protocole de test in vitro selon les normes de l'OMS

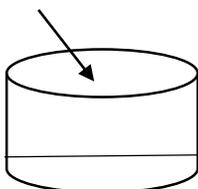
Produit 0,2 mL (0,1 mL de chaque huile)



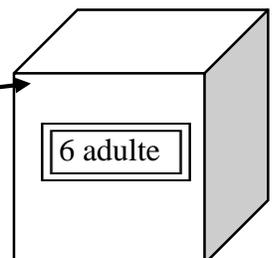
Vaporiser le produit.



Produit 0,6 mL (0,3 mL de chaque huile)

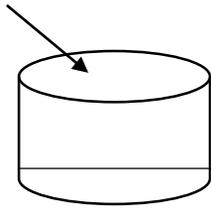


Vaporiser le produit.

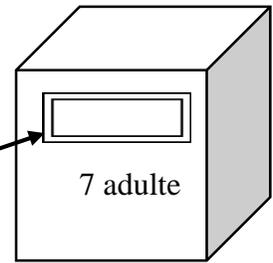


Etude Expérimentale

Produit 1mL (0,5 mL de chaque huile)



Vaporiser le produit.



La Figure 31 montre le produit finale d'une crème répulsif anti-moustique



Figure 29: L'apparence du produit finale (**image originale**)

Etude Expérimentale

1.3 Résultats des tests physico-chimiques

1.3.1 Analyse de la viscosité



Figure 30 : Test viscosité d'une crème anti-moustique (image originale)

Nous constatons que la valeur de viscosité dynamique mesurée (3,335 Pa/s) indique que la crème a une consistance semi-épaisse. Elle peut être appliquée sur la peau avec une bonne répartition sans coulure, assurant une bonne adhérence.

D'autre part, nous constatons que le couple est de 41,7 %, ce qui indique que le moteur du viscosimètre a appliqué une force modérée pour faire tourner la broche dans la crème. Un couple compris entre 10 % et 90 % est considéré comme fiable pour ce type de mesure, indiquant que la crème présente une résistance au cisaillement compatible avec sa consistance.

Cet essai, réalisé à 100 tr/min, permet d'évaluer le comportement du produit sous pression dynamique..

1.3.2 Analyse de pH



Figure 31: Test de pH d'une crème anti-moustique (image originale)

Etude Expérimentale

Le pH du crème anti-moustiques a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de laboratoire. Nous avons constaté que son pH (6.0-6) est proche du pH physiologique de la peau humaine, compris entre 5 et 6,5. Nous en concluons donc que la crème est douce pour la peau, sans irritation ni altération du film hydrolipidique, une propriété essentielle à tout produit cosmétique ou dermatologique. Cependant, son pH légèrement acide témoigne de la stabilité microbiologique du produit, qui prévient la croissance de certaines bactéries pathogènes. Nous concluons donc que le pH de cette pommade convient à une utilisation régulière et préserve l'équilibre cutané.

1.3.3 Analyse du test de stabilité



Figure 32: Stabilité d'une
crème anti-moustique
(image originale)

Après 15 minute d'attente pour tester la stabilité de la pommade, nous constatons l'absence de couche d'eau au-dessus. Ceci indique la stabilité totale de la formule et l'homogénéité des composants de la phase huileuse et de la phase aqueuse.

Etude Expérimentale

1.4 Les tests microbiologique

1.4.1 Les germes *Escherichia coli* :

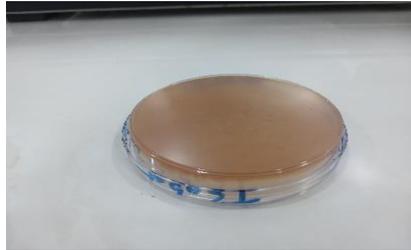


Figure 33: Test de *E. coli* de la crème **(image originale)**

Des tests microbiologiques réalisés sur milieu gélosé en boîte de Petri avec une souche d'*E. coli* n'ont révélé aucune zone d'inhibition apparente autour du site d'application du produit. Cette absence de zone d'inhibition indique que le répulsif anti-moustiques testé ne présente aucune activité antibactérienne significative contre *E.coli*, du moins à la concentration utilisée

E.coli est une bactérie à Gram négatif naturellement résistante à de nombreux agents antimicrobiens, notamment ceux à base de composés naturels comme certaines huiles essentielles. Cela est dû à la structure de sa membrane externe, qui agit comme une barrière protectrice. Les concentrations d'ingrédients antimicrobiens actifs dans la crème pourraient être insuffisantes pour inhiber la croissance d'*E.coli*. Cependant, le produit a été conçu principalement comme un insectifuge et non comme un agent antimicrobien, ce qui explique l'absence d'activité inhibitrice.

1.4.2 Les levures et moisissure :

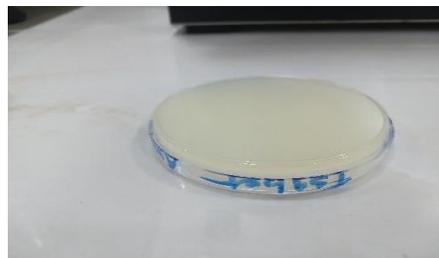


Figure 34: Le test de levure et moisissure d'une crème **(image originale)**

Etude Expérimentale

La boîte était parfaitement transparente, sans aucune croissance visible de levures ou de moisissures.

L'absence totale de colonies fongiques est due aux propriétés antifongiques du produit et à son efficacité contre les levures et/ou moisissures testées. Certaines huiles essentielles, comme la lavande et le basilic, sont connues pour leur activité antifongique naturelle, ce qui pourrait expliquer ce résultat.

Ce résultat suggère que le produit est plus efficace contre les champignons que contre certains types de bactéries (comme *E. coli*).

1.4.3 Les germes aérobies mésophiles

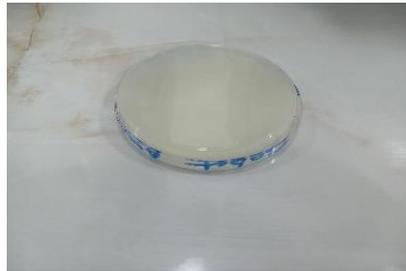


Figure 35: Test de germe aérobie mésophile d'une crème **(image originale)**

Après des tests microbiologiques sur milieu PCA, nous avons constaté une absence totale de colonies après incubation. Aucun signe de croissance bactérienne n'a été observé. L'absence de croissance bactérienne mésophile témoigne de la bonne stabilité microbiologique du répulsif antimoustiques testé. Cela signifie que le produit est exempt de contamination par des bactéries courantes, ce qui garantit sa qualité pendant la fabrication et le stockage. Par conséquent, nous concluons que les agents naturels présents dans la formule (en particulier les huiles essentielles) sont efficaces contre les bactéries non spécifiques.

Etude Expérimentale

1.5 Résultats des tests de sensibilité



Figure 37: : Pendant l'application (image originale)

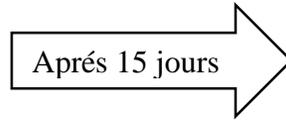


Figure 36: Après l'application (image originale)

- La pommade anti-moustique a été appliquée sur une main propre pendant 15 jours, aucun effet secondaire ou irritation de la peau n'a été observé.

Les résultats de la qualité microbiologique nous permettent de conclure que le produit est : microbiologiquement stable.

Etude Expérimentale

2 Discussion

Les répulsifs anti-moustiques sont un moyen efficace de prévenir les maladies parasitaires. Ils varient selon leurs ingrédients actifs, qui sont de deux types : les produits chimiques de synthèse et les huiles essentielles végétales naturelles. Les composés chimiques tels que le DEET (N,N-diéthyl-méta-toluamide) comptent parmi les répulsifs les plus courants et les plus efficaces. Des études précédentes ont montré que le DEET à une concentration de 20 à 30 % offre une protection pouvant durer de 6 à 8 heures, mais son odeur est forte (Fradin & Day, 2002). En revanche, les huiles végétales telles que l'huile essentielle de citronnelle, l'huile essentielle d'eucalyptus citronné (qui contient du PMD) et l'huile essentielle de menthe poivrée offrent une protection naturelle, mais leur durée d'action est souvent courte, ne durant que 2 heures sans renforcement technique, et peuvent nécessiter une réapplication fréquente (Maia & Moore, 2011; Wu et al., 2022). Cependant, le développement de nano-formulations pour les huiles peut améliorer leur efficacité et prolonger leur temps de protection (Wu et al., 2022)

L'huile essentielle de basilic possède une action inhibitrice de l'acétylcholinestérase (AChE) ; il peut aussi augmenté l'activité de la glutathion-S-transférase (GST), témoignant de son effet neurotoxique et stimulant le système de détoxification. Grâce à ses propriétés larvicides et cataboliques, l'huile essentielle de basilic peut être utilisée comme alternative naturelle aux pesticides chimiques. Elle présente l'avantage d'être moins toxique pour l'environnement et les organismes non ciblés. Cependant ; d'après (Dris et al., 2017) L'association d'huiles essentielles de basilic (*Ocimum basilicum*) et de lavande (*Lavandula dentata*) est une association naturelle populaire dans les répulsifs domestiques. L'huile essentielle de basilic contient des composés tels que le cinnamate de méthyle et l'eugénol, tandis que l'huile essentielle de lavande contient du linalol, un composé reconnu pour ses propriétés répulsives. Cette association offre une protection efficace mais limitée, son parfum apaisant et sa grande sécurité cutanée la rend adaptée à un usage quotidien léger (Aljameeli, 2023; Nour et al., 2022). En revanche, l'huile essentielle de citronnelle (*Cymbopogon nardus*) s'est avérée largement efficace contre plusieurs espèces de moustiques, grâce à sa teneur en composés tels que le géraniol et le citronellol, qui interfèrent avec les récepteurs olfactifs des moustiques. Des études ont montré que les répulsifs contenant de l'huile de citronnelle

Etude Expérimentale

peuvent offrir une protection plus efficace, en particulier s'ils sont enrichis d'adjuvants ou de supports tels que des émulsions ou des gels (**Tawatsin et al., 2006; Trongtokit et al., 2005**)

À partir des informations présentées ci-dessus, nous concluons que notre formule se distingue par son efficacité ainsi que par sa sécurité individuelle et environnementale. Elle combine trois propriétés essentielles : elle agit d'abord comme un répulsif efficace contre les moustiques, offre un effet apaisant sur la peau sans provoquer d'irritation, et dégage enfin un parfum agréable, non allergène

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Ce travail a permis de développer une crème anti-moustiques naturelle à base d'huiles essentielles de lavande et de basilic. Les résultats obtenus ont montré un effet répulsif significatif contre l'espèce *Culex pipiens* et *Culiseta langiarealata*, tout en respectant les critères de stabilité, de pH et de tolérance cutanée. L'utilisation d'ingrédients d'origine naturelle répond aux attentes actuelles en matière de santé, d'écologie et de sécurité cosmétique.

Cette étude ouvre ainsi la voie à une alternative prometteuse aux répulsifs chimiques classiques, en combinant efficacité biologique et respect de la peau. Des recherches complémentaires peuvent être envisagées pour optimiser la durée d'action, tester la formulation sur d'autres espèces de moustiques, ou encore évaluer son efficacité en conditions réelles.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- Abdelli, S., & Gouasmi, I. (2019). *Contribution à la formulation de systèmes dispersés sprayables répulsifs à base de matières actives naturelles et synthétique*. <https://di.univ-blida.dz/jspui/handle/123456789/5917>
- Aljameeli, M. (2023). Larvicidal effects of some essential oils against *Aedes aegypti* (L.), the vector of dengue fever in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103552. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103552>
- Amjoun, S. (2021). *Aromathérapie dans les pathologies digestives mineures : Rôle de conseil du pharmacien* [Université de Lille (2018-2021)]. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-34329>
- AMOUGOU ZIBI, S. E. (2010). *Etude qualitative de la faune culicidienne de l'étang du quartier mairie (Zoetele—Cameroun)* -. Memoire Online. https://www.memoireonline.com/06/11/4584/m_Etude-qualitative-de-la-faune-culicidienne-de-letang-du-quartier-mairie-Zoetele-Cameroun0.html
- APG III. (2009). *An update of The Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG III*. *Botanical Journal of the Linnean Society*. vol 161(n°2).
- Auriane, B. B. (2010). *Manifestation Dermatologiques Associées Aux Diptères Chez Le Chien et Le Chat. (Thèse de Doctorat)*. Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort, France. p 185.
- Ayitchedji, A. M. (1990). *Bioécologie de Anophèles melas et de Anophèles gambiae s. S. Comportement des adultes vis-à-vis de la transmission du paludisme en zone côtière lagunaire, République du Bénin. Mémoire de fin de formation en TLM-DETS-CPU-UNB, Cotoionou.76p*.

Référence bibliographique

- Azzouz, S., & Halib, S. (2017). *Inventaire de la faune culcidiene dans les palmeraies de la région de Bou Saâda, des essais de lutte. Mémoire master: Ecologie des écosystèmes aquatique. Université Mouhamed boudiaf M'sila*. 84.
- Badolo, A., Ilboudo-Sanogo, E., Ouédraogo, A. P., & Costantini, C. (2004). Evaluation of the sensitivity of *Aedes aegypti* and *Anopheles gambiae* complex mosquitoes to two insect repellents: DEET and KBR 3023. *Tropical Medicine & International Health*, 9(3), 330-334. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2004.01206.x>
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 46(2), 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Baptista-Silva, S., Borges, S., Ramos, O. L., Pintado, M., & Sarmiento, B. (2020). The progress of essential oils as potential therapeutic agents : A review. *Journal of Essential Oil Research*, 32(4), 279-295.
- Bekhechi, Abdelouahid, charades, Djamel. (2010). *Les huiles essentielles* (1.04.5145).
- Both, M. (1980). *Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie*.
- Boulanger, N. (2007). Quelles mesures de prévention primaire peut-on proposer pour éviter une borréliose de Lyme ? *Médecine et Maladies Infectieuses*, 37(7), 456-462. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2006.01.023>
- Cantrell, C. L., Klun, J. A., Bryson, C. T., Kobaisy, M., & Duke, S. O. (2005). Isolation and Identification of Mosquito Bite Deterrent Terpenoids from Leaves of American (*Callicarpa americana*) and Japanese (*Callicarpa japonica*) Beautyberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(15), 5948-5953.

Référence bibliographique

- Corbel, V., Stankiewicz, M., Pennetier, C., Fournier, D., Stojan, J., Girard, E., Dimitrov, M., Molgó, J., Hougard, J. M., & Lapied, B. (2009). Evidence for inhibition of cholinesterases in insect and mammalian nervous systems by the insect repellent deet. *BMC Biology*, 7, undefined-undefined. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-7-47>
- Corzo-Gómez, J. C., Espinosa-Juárez, J. V., Ovando-Zambrano, J. C., Briones-Aranda, A., Cruz-Salomón, A., & Esquinca-Avilés, H. A. (2024). A Review of Botanical Extracts with Repellent and Insecticidal Activity and Their Suitability for Managing Mosquito-Borne Disease Risk in Mexico. *Pathogens*, 13(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/pathogens13090737>
- Danis, M., & Mouchet, J. (1991). *Paludisme Ed. Ellipses*. Bing. [https://www.bing.com/search?q=Danis%26amp%3B+Mouchet%2C+M.+%26amp%3B+J+\(1991\).+Paludisme+Ed.+Ellipses.&cvid=cf935cdf6ae4488b64d63f31d4333a5&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFgdKyBggAEEUYOdIBCDI2NjZqMGo3qAIIsAIB&FORM=A NNTA0&PC=U531](https://www.bing.com/search?q=Danis%26amp%3B+Mouchet%2C+M.+%26amp%3B+J+(1991).+Paludisme+Ed.+Ellipses.&cvid=cf935cdf6ae4488b64d63f31d4333a5&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFgdKyBggAEEUYOdIBCDI2NjZqMGo3qAIIsAIB&FORM=A NNTA0&PC=U531)
- Darriet, F. (1998). *La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies. Khartala-orstom, Paris*.
- Debboun, M., & Strickman, D. (2013). Insect repellents and associated personal protection for a reduction in human disease. *Medical and Veterinary Entomology*, 27(1), 1-9.
- Dogan, E. B., Ayres, J. W., & Rossignol, P. A. (1999). Behavioural mode of action of deet : Inhibition of lactic acid attraction. *Medical and Veterinary Entomology*, 13, 97-100 : p13.
- Dris, D., Tine-Djebbar, F., Bouabida, H., & Soltani, N. (2017). Chemical composition and activity of an *Ocimum basilicum* essential oil on *Culex pipiens* larvae : Toxicological, biometrical and biochemical aspects. *South African Journal of Botany*, 113, 362-369. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.013>

Référence bibliographique

- EPA. (2020). *EPA approves new active ingredient to repel insects. U.S. Environmental Protection Agency.* https://19january2021snapshot.epa.gov/pesticides/nootkatone-now-registered-epa_.html
- Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils : A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry*, 330, 127268.
- Festhea, D. (2014). . *Ma bible des huiles essentielles. Édition Quotidien Malin.PARIS.P35. G.*
- Fradin, M., S., & Day, J. F. (2002). Insect Repellents and Mosquito Bites. *New England Journal of Medicine*, 347(21), 1719-1721.
- Gibson, L. (2024, août 15). Les maladies transmises par les moustiques et leurs vecteurs. *Target Malaria.* <https://targetmalaria.org/fr/latest/blog/mosquito-borne-diseases-and-their-vectors/>
- Gillies, M. T. (1968). *The anophelinae of Africa south of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region)*. (2nd ed / revised and largely rewritten by M.T. Gillies and Botha de Meillon.). South African Institute for Medical Research.
- Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E., & Patz, J. A. (2000). Climate change and vector-borne diseases : A regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1136-1147.
- Goodyer, L., & Schofield, S. (2018). Mosquito repellents for the traveller : Does picaridin provide longer protection than DEET? *Journal of Travel Medicine*, 25(suppl_1), S10-S15. <https://doi.org/10.1093/jtm/tay005>
- Guillaumot, L. (2006). *Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie. 15 p. Article. Site : Institut Pasteur. Date de consultation : 04.07.2008.*
- Guillaumot, L. (2013). *Surveillance Entomologique du Vecteur de la Dengue et du Chikungunya en Nouvelle-Calédonie.*

Référence bibliographique

- Hanggoro, F. (s. d.). *Identifikasi Tubuh Nyamuk* /. Scribd. Consulté 8 juillet 2025, à l'adresse <https://id.scribd.com/doc/129069480/identifikasi-tubuh-nyamuk>
- HESSAS, T., & SIMOUD, S. (2018). *.Contribution À L'étude De La Composition Chimique Et À L'évaluation De L'activité Antimicrobienne De L'huile Essentielle De Thymus Sp. Thèse De Doctorat En Pharmacie .Université Mouloud MAMMERI.TIZI-OUZOU. P 9 16.*
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8), 603-608. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)
- Isman, M., B. (2006). *Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology*, 51.
- Joseph, J. (2023, novembre 7). Les dangers de l'utilisation des spirales anti-moustiques sur notre santé. *Le Témoin*. <https://letemoinhaiti.com/home/article/les-dangers-de-lutilisation-des-spirales-anti-moustiques-sur-notre-sante/>
- Klun, J. A., Schmidt, W. F., & Debboun, M. (2001). Stereochemical Effects in an Insect Repellent. *Journal of Medical Entomology*, 38(6), 809-812.
- Klun, J. A., Strickman, D., Rowton, E., Williams, J., Kramer, M., Roberts, D., & Debboun, M. (2004). Comparative Resistance of *Anopheles albimanus* and *Aedes aegypti* to *N*, *N* - Diethyl-3-methylbenzamide (Deet) and 2-Methylpiperidiny-3-cyclohexen-1-carboxamide (AI3-37220) in Laboratory Human-Volunteer Repellent Assays. *Journal of Medical Entomology*, 41(3), 418-422.
- Koul, O., Walia, S., & Dhaliwal, G. S. (2008). *Essential oils as green pesticides : Potential and constraints. Biopesticides International*, 4(1), 63–84.
- kurihara, f. (2022). *Dermatoses Induites Par Les Huiles Essentielles Ou Végétal Eessential Oils And Vegetable Oils Induced Dermatitis. Revue Française D'allergologie* , Vol 62. P 279 .

Référence bibliographique

- Lelarge, M. (2023). *Les répulsifs anti-moustiques : Stratégies de formulation pour optimiser leur efficacité chez l'homme et chez l'animal en métropole*. 115.
- Liang, J., Zhang, Y., Chi, P., Liu, H., Jing, Z., Cao, H., Du, Y., Zhao, Y., Qin, X., Zhang, W., & Kong, D. (2023). Essential oils : Chemical constituents, potential neuropharmacological effects and aromatherapy - A review. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 6, 100210.
- Lounaci, Z. (2003). *Détails à propos de : Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera : Nematocera) en milieux rural et agricole .Thèse de Magister. INA., El Harrach.324p.*
- Maia, M. F., & Moore, S. J. (2011). Plant-based insect repellents : A review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal*, 10(Suppl 1), S11.
- Messaoudene, C. (2014). *Comparaison de l'efficacité de deux huiles essentielles extraites des plantes de Lavandula stoechas « lavande » et d'eucalyptus globulus « l'eucalyptu » avec l'insecticide chimique fenitrothion sur les adultes de culex pipiens en conditions controlées* [Thesis].
- Mohamed, A. A. A.-E. (2011). *ETUDE DU MODE D'ACTION NEUROTOXIQUE D'UN REPULSIF, LE DEET UTILISE SEUL ET EN ASSOCIATION AVEC UN INSECTICIDE SUR L'ACETYLCHOLINESTERASE DES DUM NEURONES D'UN INSECTE LA BLATTE PERIPLANETA AMERICANA* [Phdthesis, Université d'Angers].
<https://theses.hal.science/tel-00969250>
- Moulinier Claude. (2003). *Parasitologie et mycologie médicales : Éléments de morphologie et de biologie*. Editions médicales internationales Lavoisier.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils : A review. *Bioresource Technology*, 101(1), 372-378.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.048>

Référence bibliographique

- Nour, A. H., Idris, A. A., Ishag, O. A., & Nour, A. H. (2022). Chemical Composition and Repellent Activity of Methyl Cinnamate-Rich Basil (*Ocimum basilicum*) Essential Oil. *Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.18596/JOTCSA.1108807>
- Organisation mondiale de la Santé. (2019). *Lignes directrices pour la lutte contre les vecteurs du paludisme*. Organisation mondiale de la Santé. <https://iris.who.int/handle/10665/328164>
- Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides : A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 174-187.
- Pennetier, C., Corbel, V., Boko, P., Odjo, A., N'Guessan, R., Lapied, B., & Hougard, J.-M. (2007). Synergy between repellents and non-pyrethroid insecticides strongly extends the efficacy of treated nets against *Anopheles gambiae*. *Malaria Journal*, 6(1), 38. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-6-38>
- Prof. Ousmane, F. (s. d.). *Les Moustiques. Morphologie, Biologie et Rôle vecteur—Ppt video online télécharger*. Consulté 8 juillet 2025, à l'adresse <https://slideplayer.fr/slide/469348/>
- Rayane, B., Rian, R., & Meryem, N. (2022). *Thème : Inventaire des Culicidés (Culicidae) dans la région de Guelma*.
- Reeder, N. L., Ganz, P. J., Carlson, J. R., & Saunders, C. W. (2001). Isolation of a Deet-Insensitive Mutant of *Drosophila melanogaster*(Diptera : Drosophilidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1584-1588.
- Rodhain, F. (1985). *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Paris : Maloine.
- Rodhain ,Perez. (1985). *Rodhain F., Perez C. (1985) Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine. Paris. - Recherche Google.* [https://www.google.com/search?q=Rodhain+F.%2C+Perez+C.+\(1985\)+Pr%C3%A9cis+d%E2%80%99entomologie+m%C3%A9dicale+et+v%C3%A9t%C3%A9rinaire.+Ed.+Mal](https://www.google.com/search?q=Rodhain+F.%2C+Perez+C.+(1985)+Pr%C3%A9cis+d%E2%80%99entomologie+m%C3%A9dicale+et+v%C3%A9t%C3%A9rinaire.+Ed.+Mal)

Référence bibliographique

- oine.+Paris.&oq=Rodhain+F.%2C+Perez+C.+(1985)++Pr%C3%A9cis+d%E2%80%99entomologie+m%C3%A9dicale+et+v%C3%A9t%C3%A9rinaire.+Ed.+Maloine.+Paris.&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDE5OTBqMGo3qAIAAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Rutledge, L. C. (1999). *Variation in the Protection Periods of Repellents on Individual Human Subjects : An Analytical Review*. 348 355: p. 15 p.
- Séguy, E. (1950). *E. Séguy. —La Biologie des Diptères. 1950.*
https://www.persee.fr/doc/linly_0366-1326_1950_num_19_10_7360_t1_0235_0000_5
- Service, M. W. (1968). *Service, M. W. (1980). A Guide to Medical Entomology. Macmillan Education UK.* <https://doi.org/10.1007/978-1-349-16334-2>. Bing.
- Silou, T., Malanda, M., & Loubaki, L. (2004). Optimisation de l'extraction de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus* grâce à un plan factoriel complet 23. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 219-223.
- Tawatsin, A., Asavadachanukorn, P., Thavara, U., Wongsinkongman, P., Bansidhi, J., Boonruad, T., Chavalittumrong, P., Soonthornchareonnon, N., Komalamisra, N., & Mulla, M. S. (2006). Repellency of essential oils extracted from plants in Thailand against four mosquito vectors (Diptera : Culicidae) and oviposition deterrent effects against *Aedes aegypti* (Diptera : Culicidae). *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 37(5), 915-931.
- Trongtokit, Y., Rongsriyam, Y., Komalamisra, N., & Apiwathnasorn, C. (2005). Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Research*, 19(4), 303-309. <https://doi.org/10.1002/ptr.1637>
- Vacus, G. (2012). *Mémoire pour l'obtention du diplôme de médecine agricole, thème expansion géographique d'Aedes albopictus, Inst. Nat., Médecine agricole.* 109p.

Référence bibliographique

- WHO. (2021). *Vector-borne diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- Wissem, C., & Imene, N. (2021). *Caractérisation des habitats larvaires des moustiques Diptera, Culicidae) dans la région de Bordj Bou Arreridj*. <http://10.10.1.6:4000/handle/123456789/1448>
- Wood D, .M. (1984). . *Clè des genres et des espèces de moustique du canada institu*.
- word health organisation, saanté. (2014). *Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle*. Organisation mondiale de la Santé. <https://iris.who.int/handle/10665/136477>
- Wu, W., Yang, Y., Feng, Y., Ren, X., Li, Y., Li, W., Huang, J., Kong, L., Chen, X., Lin, Z., Hou, X., Zhang, L., Chen, Y., Sheng, Z., & Hong, W. (2022). Study of the Repellent Activity of 60 Essential Oils and Their Main Constituents against *Aedes albopictus*, and Nano-Formulation Development. *Insects*, 13(12), 1077. <https://doi.org/10.3390/insects13121077>
- Zaibet, W. (2016). *Composition Chimique Et Activité Biologique Des Huiles Essentielles De Daucus Aureus (Desf) Et De Reutera Lutea (Desf.) Maire, Et Leur Application Comme Agents Antimicrobiens Dans Le Polyéthylène Basse Densité (Pebd).Thèse De Doctorat En Sciences .Universite Ferhat Abbas-Setif-1.P8- 13*.

Carte d'information

1-Équipe d'encadrement :

| Équipe d'encadrement (à titre indicatif) | |  |
|--|---|---|
| Encadrant principal : Nabti Ismahane | Spécialité : Écologie animale | |
| Co-encadrant : Sbahi Khayra | Spécialité : Environnement et Santé | |

2- Équipe de projet :

| Équipe de projet (à titre indicatif) | Faculté | Spécialité |  |
|--|--|----------------------|---|
| Étudiant 01 : Tsabet Amina | Faculté des Sciences et de la Technologie | Parasitologie | |
| Étudiant 02 : Zerrad Lalia Aya | Département des Sciences Biologiques Relizane | | |



Index

Contenu

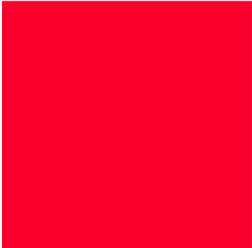


Table des matières



| | |
|--|-----------|
| <u>Premier axe : Présentation du projet</u> | <u>1</u> |
| 1. L'idée de projet (la solution proposée) | 2 |
| 2. Les Valeurs suggérées..... | 2 |
| 3. L'équipe..... | 2 |
| 4. Les Objectifs du projet..... | 3 |
| 5. Le planning de réalisation du projet..... | 3 |
| <u>Deuxième axe : Aspects innovants</u> | <u>4</u> |
| 1. La nature des innovations..... | 4 |
| 2. Les domaines d'innovation..... | 4 |
| <u>Troisième axe : Analyse stratégique du marché</u> | <u>5</u> |
| 1. Le segment du marché..... | 6 |
| 2. La mesure de l'intensité de la concurrence..... | 6 |
| 3. La stratégie marketing | 6 |
| <u>Quatrième axe : Plan de production et organisation.....</u> | <u>7</u> |
| 1. Le processus de production..... | 8 |
| 2. L'approvisionnement..... | 8 |
| 3. La main d'œuvre..... | 8 |
| 4. Les principaux partenaires..... | 8 |
| <u>Cinquième axe : Plan financier.....</u> | <u>9</u> |
| 1. Les coûts et les charges..... | 10 |
| 2. Le chiffre d'affaires..... | 10 |
| 3. Les comptes de résultats escomptés..... | 10 |
| 4. Le plan de trésorerie..... | 10 |
| <u>Sixième axe : Prototype expérimental.....</u> | <u>11</u> |

Guide de projet



Le premier axe Présentation du projet



Premier axe

Présentation du projet



1. L'idée de projet (solution proposée)

- ✓ Le domaine d'activité sur de la santé humaine en produisant " un crème Répulsive anti moustique", à base de plantes médicinales, à visée prophylactique des maladies comme(le paludisme, la dengue, le chikungunya, le virus Zika, etc.) ou la lutte et l'élimination des moustiques, Et ça Protéger la santé humaine et Assurer le confort pour éviter les piqûres, les démangeaisons, etc. Il s'adresse à tous en général, et plus particulièrement aux voyageurs ou aux personnes vivant dans des environnements où les maladies sont transmises par les moustiques vecteurs.
- ✓ L'idée est née d'une prise de conscience des dangers des maladies transmises par les moustiques dans certaines régions et du besoin croissant de solutions naturelles, efficaces et sûres. Le projet est né d'une phase de recherche sur les propriétés répulsives de certaines plantes locales, associée à une volonté d'innovation en matière de santé préventive.
- ✓ Nous lancerons la production semi-industrielle et artisanale de cette crème en plantant des plantes médicinales dans une région propice. Le produit sera d'abord distribué localement, puis progressivement dans les pharmacies, les magasins bio, les agences de voyage, etc. Nous mettrons en œuvre le projet nous-mêmes, avec une petite équipe (pour la formulation, la production et la commercialisation), avec le soutien de partenaires techniques et commerciaux.
- ✓ Il sera mis en œuvre dans une zone touchée par les moustiques en région tropicale ou subtropicale afin de répondre aux besoins locaux et d'améliorer l'impact social et sanitaire.

2. Les valeurs proposées :

- ✓ Le produit va remplacer l'utilisation extensive des anti-moustiques.
- ✓ Produit naturelle non toxique.
- ✓ Produit facile à appliquer.

3. Équipe de travail :

- Etudiante 01 : Amina Tsabet, parasitologue. Elle dirige les études de marché et le marketing.
- Etudiante 02 : Zarrad Lalia Aya, parasitologue. Elle est responsable de l'évaluation de la qualité des produits, de l'innovation et de la recherche sur les nouvelles méthodes de conditionnement.

Guide de projet

4. Objectifs du projet :

- Notre objectif est de combler le manque d'offre actuelle en proposant une alternative efficace et écologique aux produits chimiques actuellement présents sur le marché.
- Nous espérons être le premier producteur national à proposer un répulsif anti-moustiques 100 % naturel, ciblant ainsi un marché sous-exploité et répondant à un besoin non satisfait.
- Nous souhaitons mettre en œuvre une stratégie de sensibilisation et d'éducation pour promouvoir les bienfaits des répulsifs anti-moustiques naturels, sans effets secondaires ni toxicité.

5. Calendrier de réalisation du projet :

| | | | Mois | | | | | |
|---------|---|--|------|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| TRAVAUX | 1 |  Études préalables : choix des fournisseurs de plante, préparation des documents nécessaires | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| | 2 |  Commande des équipements | | | ✓ | | | |
| | 3 |  La préparation du siège de production (Locale) | | | ✓ | ✓ | | |
| | 4 |  Installation des équipements | | | | ✓ | ✓ | |
| | 5 |  Achat de matières premières | | | | ✓ | ✓ | |
| | 6 |  Réalisation du prototype | | | | | ✓ | ✓ |

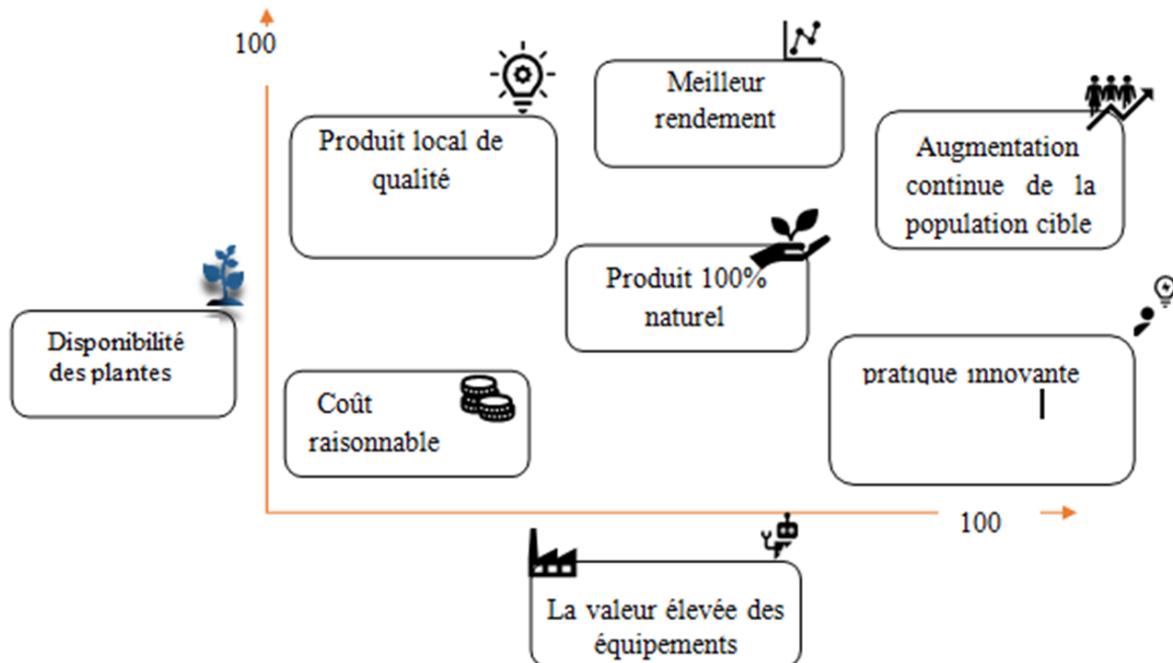


Aspects innovants



Deuxième axe : Aspects innovants

1. Nature des innovations :



2. Domaines d'innovation :

- ✓ Augmentation de la rentabilité en améliorant l'efficacité des opérations, notamment grâce à l'utilisation d'un procédé d'extraction naturel, économe en énergie et sans solvants chimiques
- ✓ Formulation 100% naturelle respectueuse des peaux sensibles, sans additifs chimiques.
- ✓ Amélioration de la durabilité et de l'efficacité du produit grâce à une concentration optimisée
- ✓ Processus de fabrication artisanal qui réduit les coûts tout en assurant une traçabilité totale.
- ✓ Ciblage d'un nouveau segment de consommateurs soucieux de la santé et de l'origine naturelle des produits





Troisième axe :
**Analyse
stratégique du
marché**



Troisième axe

Analyse stratégique du marché



➤ Le segment du marché

- ✓ Marché potentiel : Toute personne souhaitant se protéger contre les piqûres de moustiques de manière naturelle, sans recourir aux produits chimiques ou synthétiques. Cela inclut les familles, les enfants, les personnes
- ✓ Marché cible : Nous visons principalement les individus vivant dans des zones à forte prolifération de moustiques (zones chaudes et humides), les campeurs, les voyageurs, ainsi que les personnes soucieuses de leur santé et de l'environnement. Le produit s'adresse également aux parents souhaitant utiliser des produits sûrs pour leurs enfants.

➤ Mesure de l'intensité de la concurrence

- ✓ Le marché algérien est actuellement dominé par des produits importés, souvent chimiques, tels que les sprays et les crèmes à base de DEET, vendus par des marques connues comme OFF! ou Autan. Ces produits, bien que efficaces, peuvent provoquer des irritations ou des réactions allergiques chez certaines personnes
- ✓ Il existe quelques initiatives locales, mais elles restent limitées en termes de distribution, de visibilité et de durabilité du produit (durée d'efficacité réduite).
- ✓ Sur le marché international, plusieurs entreprises proposent des solutions naturelles à base d'huiles essentielles (citronnelle, eucalyptus citronné, lavande, etc.), mais à des prix souvent inaccessibles pour la majorité des citoyens algériens. Par exemple : Para'Kito, Incognito, ou Murphy's Naturals

| Nom commercial | Point fortes | Point faibles |
|---|--|--|
| Mouticare crème (herbaya)  | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formule 100% naturelle (huiles essentielle de lavande menthe, neem..) ➤ Double action : répulsif et apaisant | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prix élevé (produit importé) ➤ Nécessite une application fréquente pour une efficacité continue |
| Moustizen crème (belpharma)  | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Efficace contre les moustiques ➤ Adaptée aux enfants et femmes enceintes (sans DEET) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contiennent IR3535 (molécule chimique) ➤ Prix relativement élevé |

Guide de projet

| | | |
|---|--|--|
| <p>Dahlia moustiliss</p>  | <ul style="list-style-type: none">➤ Soulage les piqûres (camomille, aloevera)➤ Texture légère, facile à appliquer | <ul style="list-style-type: none">➤ Faible disponibilité sur le marché locale➤ Prix élevé |
|---|--|--|

3. La stratégie marketing

- Dans la commercialisation de nos produits, nous nous appuyons sur une stratégie de commercialisation à des prix compétitifs, avec l'utilisation d'une technologie de pointe
- Nous évoquons le développement d'un site sur le web pour notre activité de vente de compléments alimentaires. Celui-ci aidera notre clientèle à nous trouver sur le web et nous aidera à distribuer les produits et gérer les commandes. Le site permet d'enregistrer les doléances et la réclamation des clients afin de pouvoir y répondre rapidement.
- Notre activité de vente va également maintenir une présence active sur tous les réseaux sociaux et principalement sur le service Facebook.



Quatrième axe :
Plan de
production et
d'organisation



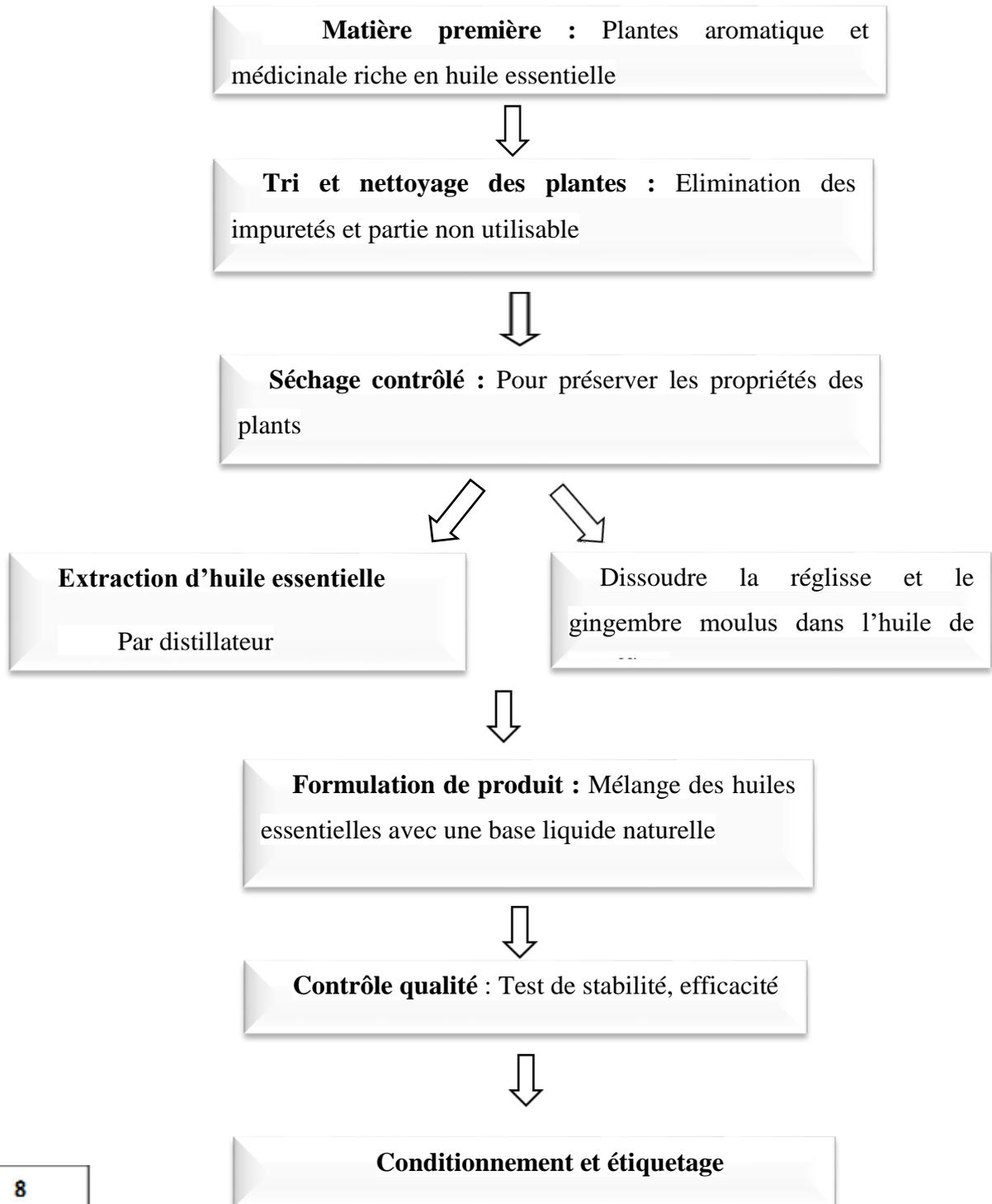
7

Quatrième axe :

Plan de production et d'organisation



1. Le Processus de production



Guide de projet

2. L'Approvisionnement

- Dans le processus d'achat des produits et équipements, nous communiquons directement avec les fournisseurs. En ce qui concerne le matériel végétal, nous privilégions les producteurs locaux pour l'obtention des plantes riches en huiles essentielles, tout en respectant la saisonnalité et la fraîcheur des matières premières.

- Certaines plantes peuvent être cultivées ou bien collectées de manière responsable dans leur milieu naturel, ce qui garantit la qualité de notre produit et constitue un avantage concurrentiel important.

3. La main d'œuvre

- Notre projet offre des opportunités d'emploi dans plusieurs domaines : la transformation des plantes aromatiques, l'extraction des huiles essentielles, l'encapsulation et le conditionnement des produits
- Nous avons également besoin de profils spécialisés, notamment des biologistes, des techniciens en formulation cosmétique ou pharmaceutique, ainsi que des opérateurs de production, des ingénieurs qualité et des agents commerciaux.
- Des postes liés à la communication digitale et à la distribution du produit sont aussi nécessaires pour assurer une bonne présence sur le marché, localement et à l'étranger.
- Nous recherchons des ingénieurs pour nous accompagner dans le domaine de la communication numérique et du domaine de l'informatique .

4. Les Principaux partenaires

- Les partenaires les plus importants de notre projet sont les fournisseurs des matières premières, des produits consommables et des équipements.
- Laboratoires de contrôle de qualité. De plus, l'incubateur de l'université de Relizane en qualité de formateur et le premier accompagnateur de ce projet, qui fournira une assistance majeure possible pour contribuer à la réalisation de ce projet.



Cinquième axe :

Plan financier



Cinquième axe : Plan financier



1. Les Coûts et charges

Modes et Sources d'obtention de financement :

- L'investissement personnel.
- Obtenir un financement de ses proches.
- Faire partie d'un incubateur d'entreprise.
- Aides et subventions gouvernementales.

2. Le Chiffre d'affaires

Lorsqu'il y a une volonté de changer les méthodes de vente, le chiffre d'affaires est calculée sur différentes périodes afin de prendre les mesures nécessaires.

DETAIL CHIFFRE D'AFFAIRE

| Produit A ET B destine client | REALISATION | | | PREVISION | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| | N-2 | N-1 | N | N+1 | N+2 | N+3 | N+4 | N+5 |
| Quantité produit A | 5000 | 5500 | 6000 | 7000 | 9500 | 11300 | 13500 | 15600 |
| Prix HT produit A | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Ventes produit A | 20000000 | 22540000 | 2430000 | 3280000 | 6400000 | 8250000 | 9460000 | 12000000 |
| CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL | 20000000 | 22540000 | 2430000 | 3280000 | 6400000 | 8250000 | 9460000 | 12000000 |



Sixième thème :
**Prototype
expérimental**



Sixième axe

Prototype expérimental



1- Nom et logo de l'entreprise :

Nous avons choisi le nom ECOHAVEN avec le logo :



2- Choix du nom du produit et conception d'étiquette :

Le choix du nom du produit était basé sur plusieurs caractères :

- ✓ Un nom facilement mémorisable
- ✓ Un nom court et léger
- ✓ Un nom évocateur et porteur de sens
- ✓ Un nom original

La conception de l'étiquette du produit reste primitive, nous avons indiqué sur l'étiquette :

- ✓ Le nom de l'entreprise
- ✓ Le logo de l'entreprise
- ✓ Le nom du produit
- ✓ La composition
- ✓ Des mots publicitaires

Nous avons choisi le nom NTURNEST pour notre produit et nous avons préparé son étiquette comme illustré dans la figure 28.



Figure 38: Etiquette de produit

Guide de projet

3- Choix de l'emballage du produit :

Le choix de l'emballage a reposé sur :

- ✓ La facilité de l'utilisation
- ✓ La protection du produit
- ✓ L'adéquation à la nature du produit



14



Liste des annexes



Annexe 1

Budget de STURTUP



| Actif | | |
|--|-------------|-----------|
| | Réalisation | Prévision |
| En Millions DZD | N-1 | N |
| Immobilisation Incorporelles | / | / |
| Immobilisation Corporelles | / | / |
| Terrain | / | / |
| Bâtiment | / | / |
| Autres Immobilisations Corporelles | / | / |
| Immobilisations en concession | / | / |
| Immobilisation en cours | 1000000 | 2000000 |
| Immobilisations Financières | 200000 | 1000000 |
| Titres mis en équivalence | 100000 | 500000 |
| Autres participations et créances rattachées | 300000 | 800000 |
| Autres Titres immobilisés | 150000 | 4000000 |
| Prêts et autres titres financiers non courants | 500000 | 3000000 |
| Impôts différés actif | 200000 | 600000 |
| ACTIF NON COURANT | / | 7000000 |
| Stocks et encours | / | 3000000 |

Guide du projet

| | | |
|---|----------------|-----------------|
| Créances et emplois assimilés | 10000 | 2000000 |
| Clients | 150000 | 400000 |
| Autres débiteurs Impôts et assimilés | / | 200000 |
| Autres créances et emplois assimilés | 100000 | 150000 |
| Disponibilités et assimilés | 50000 | 500000 |
| Placements et autres actifs financiers courants | 2100000 | 2110000 |
| Trésorerie | 100000 | 150000 |
| ACTIF COURANT | 500000 | 6250000 |
| TOTAL ACTIF | 3000000 | 18150000 |
| Passif | | |
| | Réalisation | Prévision |
| En Millions DZD | N-1 | N |
| CAPITAUX PROPRES | / | / |
| Capital émis | 100000 | 15000 |
| Capital non appelé | / | / |
| Ecart de réévaluation | 5000 | 10000 |
| Primes et réserves- Réserves Consolidées | 30000 | 25000 |
| Résultat net- RN part du groupe | 70000 | 20000 |
| Autres capitaux propres report à nouveau | / | / |
| Part de la société consolidante (1) | 205000 | 70000 |
| Capitaux propres passifs non-courants | / | 25000 |
| Emprunts et dettes financières | 2000000 | 90000 |
| Impôt diffère passif | / | / |
| Autres dettes non courantes | 100000 | 80000 |
| Provisions et produits constatés d'avance | 1000000 | 50000 |

Guide du projet

| | | |
|---|---------|---------|
| courants-Passifs non | 3120000 | 255000 |
| Passifs courants | 50000 | 30000 |
| Fournisseurs et comptes rattachés | 100000 | 80000 |
| Impôts | 20000 | 15000 |
| Autres dettes | 50000 | 25000 |
| Trésorerie passif | 50000 | 30000 |
| Passifs courants | 270000 | 180000 |
| total passif | 3595000 | 505000 |
| Vérification de l'équilibre Actif/Passif | -715000 | 2059500 |

Annexe 2

Comptes de résultats escomptés



| | Réalisati on | Prévision |
|---|-----------------|-----------|
| En Millions DZD | N-1 | N |
| Vente et produits annexes | / | / |
| Variation des stocks produits finis et en cours | 20000 | 10000 |
| Production immobilisé | 4000 | 5000 |
| Subvention d'exploitation | 20000 | 15000 |
| Production de l'exercice | 80000 | 30000 |
| Achats consommés | 10000 | 9000 |
| Services Extérieurs et autres consommations | 10000 | 5000 |
| Consommation de l'exercice | 20000 | 14000 |
| Valeur ajoutée d'exploitation | 100000 | 16000 |
| Charges de personnel | / | 30000 |
| Impôts et taxes et versement assimilés | 20000 | 35000 |
| Excédent Brut d'Exploitation | 80000 | 49000 |
| Autres produits opérationnels | 1000 | 5000 |
| Autres charges opérationnelles | 5000 | 6000 |
| Dotations aux amortissements, Provisions | 5000 | 10000 |
| Reprise sur pertes de valeurs et provisions | 5000 | 50000 |
| Résultat opérationnel | 75000 | 88000 |
| Produits Financiers | 10000 | 10000 |
| Charges financières | 10000 | 6000 |
| Résultat financier | / | 4000 |
| Résultat Ordinaire avant impôt | 75000 | 9200 |
| Impôt exigible sur résultat ordinaire | 5000 | 6000 |
| Impôt différé sur résultat ordinaire | 10000 | 5000 |
| Total des produits des activités ordinaires | 5000 | 12000 |

Guide du projet

| | | |
|--|--------------|--------------|
| Total des charges des activités ordinaires | 2000 | 2000 |
| Résultat net des activités ordinaires | 70000 | 86000 |
| Eléments extraordinaire (produits) | 5000 | 9000 |
| Eléments extraordinaire (charges) | 3000 | 2000 |
| Résultat extraordinaire | 2000 | 7000 |
| RESULTAT NET DE L'EXERCICE | 72000 | 93000 |

Annexe 3

Comptes du Trésor



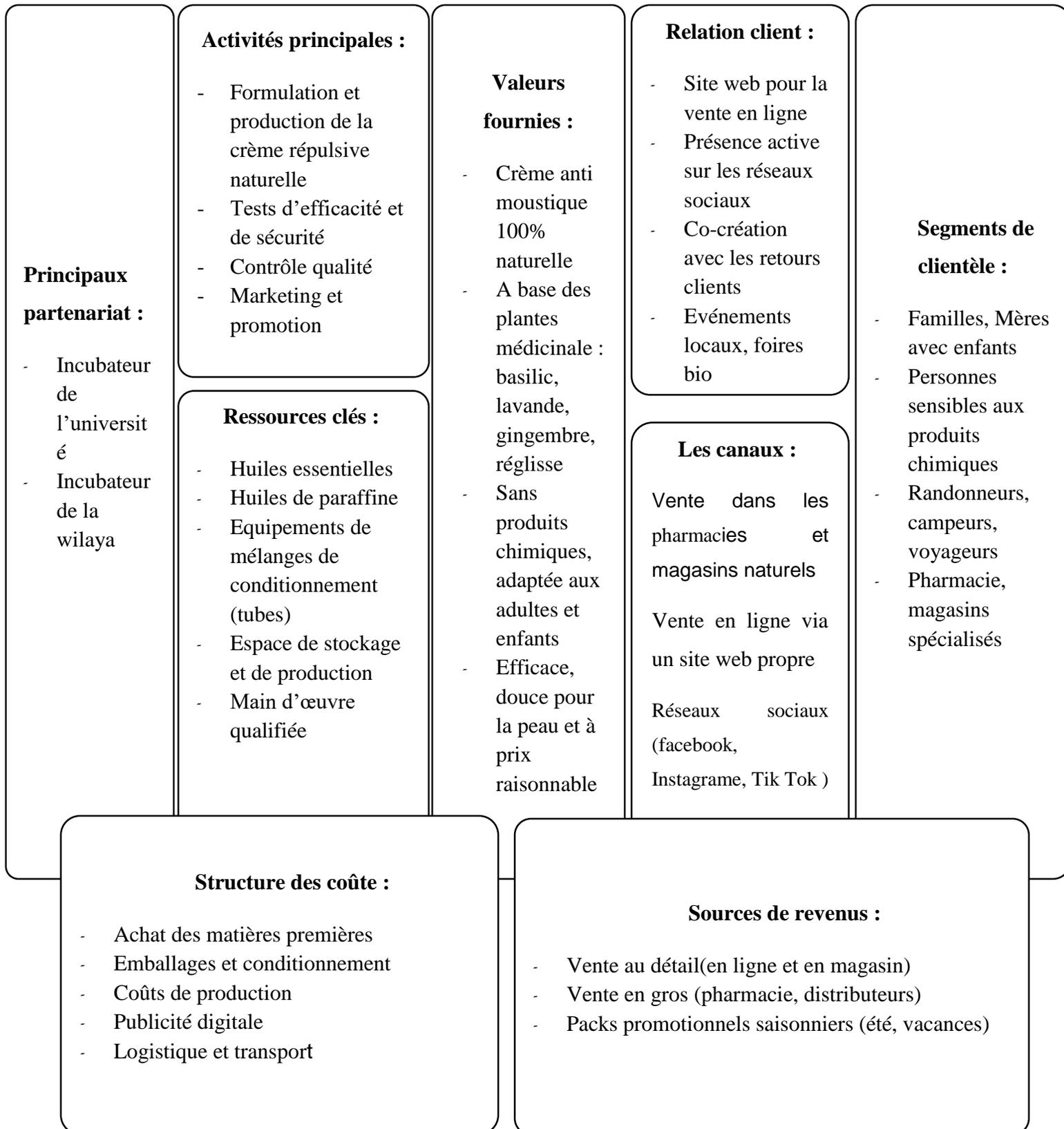
| | Réalisation | Prévision |
|--|-------------|-----------|
| En millions DZD | 1-N | N |
| Flux de trésorerie provenant des activités opérationnelles | 100000 | 50000 |
| Résultat net de l'exercice | 72000 | 72000 |
| Ajustements pour: | | / |
| - Amortissements et provisions | 12000 | / |
| - Variation des impôts différés | 9000 | 9000 |
| - Variation des stocks | 10000 | 10000 |
| -Variation des clients et autres créances | 70000 | 10000 |
| - Variation des fournisseurs et autres dettes | / | 20000 |
| Plus ou moins-values de cession, nettes d'impôts | 50000 | 50000 |
| Flux de trésorerie générés par l'activité (A) | 200000 | 5000 |
| Flux de trésorerie provenant des opérations d'investissement | 391000 | 226000 |
| Décaissements sur acquisition d'immobilisations | 30000 | 30000 |
| Encaissements sur cessions d'immobilisations | / | 6000 |
| Incidence des variations de périmètre de consolidation (1) | / | 9000 |
| Flux de trésorerie liés aux opérations d'investissement (B) | / | 20000 |
| Flux de trésorerie provenant des opérations de financement | 30000 | 65000 |
| Dividendes versés aux actionnaires | 300000 | 25000 |
| Augmentation de capital/ Part ASF | -150000 | -5000 |
| Augmentation de capital/ Part startupeur | 100000 | 10000 |
| injection en compte courant associé ASF | 30000 | 20000 |
| Remboursements capital ASF (en valeur nominale) | / | -10000 |
| Remboursements compte courant associé ASF | 100000 | 9000 |

Guide du projet

| | | |
|---|--------|---------|
| Flux de trésorerie liés aux opérations de financement (C) | -15000 | -12000 |
| Variation de trésorerie de la période (A+B+C) | 365000 | 37000 |
| Trésorerie d'ouverture (Début de la période) | 786000 | 328000 |
| Trésorerie de clôture (Fin de la période) | 150000 | 953000 |
| Variation de trésorerie | 936000 | 1281000 |



Modèle d'affaires



Guide du projet

**Pour obtenir un diplôme/startup
Dans le cadre de l'Arrêté Ministériel 1275**

Juin

2025

