

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



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par : Mlle BOUNADJI Fadila et Mlle OULAD YAHIA Imane

UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LA REGION DE GHARDAIA

Soutenu publiquement le 15/06/2026

Devant le jury composé de :

- **Mme OULAD HEDDAR Meriem** **MCB** **Présidente**
- **M. NEGAIS Hamza** **MCB** **Promoteur**
- **M. KADRI Mohammed** **MCB** **Co-promoteur**
- **Mlle BENHEDID Hadjira** **MCA** **Examinatrice**

Année Universitaire 2025/2026

Dédicace

Avant toute chose, je remercie **Allah** le Tout-Puissant de m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire à mes très **chers parents**, qui ont toujours été une source inépuisable d'amour, de soutien et de sacrifices. Leur confiance, leurs encouragements et leurs prières ont illuminé mon parcours et m'ont permis d'atteindre cet objectif. Aucun mot ne saurait exprimer ma profonde gratitude et mon immense reconnaissance envers eux.

À mes chers frères, **Mohamed** et **Abdennour**, pour leur affection, leur présence constante et leur soutien précieux tout au long de cette aventure académique.

À mes enseignants, pour leur savoir, leurs conseils et leur accompagnement.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, par leurs conseils, leur aide, leurs encouragements ou leur confiance.

À tous ceux qui m'ont accompagnée dans les moments de doute comme dans les moments de réussite, et qui ont laissé une empreinte positive sur mon parcours.

Je dédie ce travail avec respect, gratitude et sincère reconnaissance.

OULAD YAHIA Imane

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout-Puissant, le Très Miséricordieux,
Je Le remercie infiniment pour Ses bienfaits et pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, en témoignage de ma profonde gratitude pour leur soutien, leurs encouragements et leurs sacrifices tout au long de mon parcours universitaire.

À mes enseignants, pour leur savoir, leurs conseils et leur accompagnement.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Puisse ce travail constituer une modeste contribution au domaine de la recherche scientifique.

BOUNADJI Fadila

Remerciement

Nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à **M. NEGAIS Hamza** et **M. KADRI Mohamed** pour leur accompagnement scientifique, leurs précieux conseils, leur disponibilité et leur soutien constant tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux honorables membres du jurys **Mlle BENHEDID Hadjiraet Mme OULED HADDAR Meriem** pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour les remarques et suggestions constructives qu'ils apporteront à son amélioration.

Nos remerciements s'étendent à l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué à notre formation académique et scientifique tout au long de notre parcours universitaire.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance à nos familles pour leur soutien, leurs encouragements et leur confiance indéfectible, qui ont constitué une source essentielle de motivation durant la réalisation de ce mémoire.

Enfin, nous adressons nos plus vifs remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

À toutes et à tous, nous exprimons notre sincère gratitude et notre profond respect.

Résumé :

Utilisation des produits phytosanitaires dans la région de Ghardaïa

Cette étude s'intéresse aux produits phytosanitaires utilisés dans la région de Ghardaïa, qui se caractérise par une activité agricole dynamique. L'objectif précis est d'évaluer rigoureusement la cinétique de dégradation des pesticides dans le sol en fonction du temps et de la température. La méthodologie repose sur une approche mixte combinant une enquête par questionnaire auprès de la (DSA) et de la direction de l'environnement afin de recenser les produits phytosanitaires utilisés dans la région d'étude, suivie d'une phase expérimentale visant à évaluer la cinétique de dégradation du malathion et du linuron dans un sol agricole prélevé dans la région de Ghardaïa. L'expérimentation a été réalisée selon deux conditions : une exposition directe au soleil et une incubation à l'ombre.

Les résultats montrent une différence notable dans le comportement des deux pesticides selon les conditions d'exposition. Le malathion présente une dégradation plus rapide sous l'effet du rayonnement solaire direct, avec une concentration moyenne résiduelle de 13,68% contre 15,98% à l'ombre. À l'inverse, le linuron présente des concentrations moyennes résiduelles de 72,72 % au soleil et de 39,74% à l'ombre, mettant en évidence l'influence de la nature chimique de chaque pesticide sur sa persistance dans le sol. Ces résultats contribuent à une meilleure compréhension du devenir des pesticides dans les sols agricoles et peuvent servir de base à l'optimisation de leur utilisation tout en limitant les risques de contamination environnementale.

Mots-clés : Sol, pesticides, Dégradation, Malathion, Linuron, Ghardaïa.

Abstract:

Use of Phytosanitary Products in the Ghardaïa Region

This study investigates the phytosanitary products used in the Ghardaïa region, an area characterized by intensive agricultural activity. The main objective is to evaluate the degradation kinetics of pesticides in soil as a function of time and temperature. The methodology adopted is based on a mixed approach combining data collection from the Directorate of Agricultural Services (DSA) and the Directorate of Environment to identify the phytosanitary products commonly used in the study area, followed by an experimental investigation of the degradation kinetics of two major pesticides, namely malathion and linuron, in agricultural soil collected from the Ghardaïa region. The experiment was conducted under two exposure conditions: direct solar radiation and shaded conditions.

The results revealed significant differences in the degradation behavior of the two pesticides. Malathion exhibited a faster degradation rate under direct solar radiation, with an average residual concentration of 13,68% compared with 15,98 % under shaded conditions. In contrast, linuron showed average residual concentrations of 72,72% under direct solar radiation and 39,74% under shaded conditions, highlighting the influence of the chemical properties of each pesticide on its persistence in soil. These findings contribute to a better understanding of pesticide fate in agricultural soils and provide a scientific basis for optimizing pesticide management practices while reducing the risk of environmental contamination.

Keywords : Soil, pesticides, Degradation, Malathion, Linuron, Ghardaïa.

ملخص:

استخدام المبيدات في منطقة غرداية

تتناول هذه الدراسة منتجات وقاية النباتات المستخدمة في منطقة غرداية، التي تتميز بنشاط زراعي مكثف. ويتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تقييم حركية تحلل المبيدات في التربة تبعاً للزمن ودرجة الحرارة. واعتمدت الدراسة منهجية تجمع بين العمل الميداني والتجريبي، حيث تم جمع البيانات من مديرية المصالح الفلاحية ومديرية البيئة من أجل حصر منتجات وقاية النباتات الأكثر استعمالاً في منطقة الدراسة، تلتها مرحلة تجريبية هدفت إلى دراسة حركية تحلل مبيدين رئيسيين هما الملاثيون واللينورون في تربة زراعية مأخوذة من منطقة غرداية. وقد أجريت التجربة تحت شرطين مختلفين: التعرض المباشر للإشعاع الشمسي والحفظ في الظل.

أظهرت النتائج وجود فروق ملحوظة في سلوك تحلل المبيدين تبعاً لظروف التعرض. فقد سجل الملاثيون معدل تحلل أسرع تحت تأثير الإشعاع الشمسي المباشر، بمتوسط تركيز متبقي قدره 13,68% مقارنة بـ 15,98% في ظروف الظل. في المقابل، سجل اللينورون متوسطات تراكيز متبقية بلغت 72,72% تحت التعرض المباشر للإشعاع الشمسي و39,74% في الظل، مما يبرز تأثير الخصائص الكيميائية لكل مبيد على درجة ثباته واستمراره في التربة. وتساهم هذه النتائج في تحسين فهم مصير المبيدات في التربة الزراعية، كما توفر أساساً علمياً لترشيد استعمالها والحد من مخاطر التلوث البيئي..

الكلمات المفتاحية: التربة، المبيدات، التحلل، الملاثيون، اللينورون، غرداية.

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
1	Daïras et communes de la Wilaya de Ghardaïa (D.P.S.B, 2020)	6
2	Données climatiques la région de Ghardaïa (2013 – 2022)	10
3	Classification de l'indice de Martonne.	14
4	Extraction de pesticides du sol.	23
5	Liste des pesticides commercialisés et utilisés d'après l'enquête qui a été menée auprès des vendeurs, des agriculteurs, la DSA et la direction de l'environnement.	31-27
06	Résultats du tamisage électrique du sol	32
07	Résultats de la mesure de Malathion extérieur.	33
08	Résultats de la mesure de Malathion intérieur.	32
09	Résultats de la mesure de Linuron entérieur	32
10	Résultats de la mesure de Linuron intérieur	32
11	Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique (AUBERT, 1978).	55
12	Classification des sols suivant leur pH (BOUTMEDJET ,2004).	55
13	Classification du Massachussetts Institute Technologie (M.I.T.)	55
14	Classification des eaux d'après leur pH (REFEA, 2003).	56
15	Classification des eaux d'irrigation selon leurs conductivités électriques (DURAND, 1983)	57

Liset des figures

N°	Titer	Page
1	Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	7
2	Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de GHARDAIA 1-	11
3	Étage bioclimatique de GHARDAIA selon le climagramme d'EMBERGER	13
4	Methodologie de travail	16
5	Image satellitaire de pôle N°3 de l'Université de Ghardaïa (google Earth)	19
6	Pots sans cultures déposés à l'aire libre (exposé au soleil)	20
7	Pots sans cultures sous l'abri (sous l'ombre, met dans le laboratoire)	20
8	Spectrophotométrie UV- Vis (SECOMAM–UviLine 9400)	24
9	Courbe d'étalonnage de linuron	35
10	Courbe d'étalonnage de malathion	35
11	Courbe de concentration de linuron de l'extérieur	36
12	Courbe de concentration de linuron de l'intérieur.	36
13	Courbe de concentration de malathion de l'extérieur.	38
14	Courbe de concentration de malathion de l'intérieur.	38
15	Pesticides utilisés dans notre expérience.	53
16	Solution mère standard de pesticides utilisée dans notre expérience.	54

List des annexes:

N°	Titer
1	les pesticides utilisée dans notre expérience
2	Echelles utilisés à l'interprétation des résultats

Liset des abbreviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques.

CE : Conductivité électrique.

CI: Intercalaire continental.

CT: Complexe Terminale.

DAR : Maison de l'Entrepreneuriat.

DDT : dichlore Diphényle Trichloroéthène.

DSA : Direction des Services Agricoles.

DPSB: Direction de la Programmation et de Suivi Budgétaires.

DPVCT : Direction de la Protection des Végétaux et des Contrôles Techniques.

MIT : Massachussetts Institute Technologie.

OM S : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'hydrogène.

UIPP : Union des Industries et de la Protection des Plantes.

Table des matières :

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
Résumé	

Introduction

Chapitre I : Matériel et Méthodes

I. Présentation de la région d'étude	6
I. 1. Aperçue géologique	7
I. 2. Hydrologie et réseau hydrographique.....	7
I. 3. Pédologie	8
I.4. Agriculture.....	8
I.5. Etude climatologique de Ghardaïa	8
I.5.1. Données climatiques générales	8
I.5.2. Paramètres climatiques spécifiques	9
I.5.2.1. Température.....	9
I.5.2.2. Précipitations.....	9
I.5.2.3. Humidité relative.....	9
I.5.2.4. Vent.....	9
I.6. Synthèse climatique de Ghardaïa	11
I.6.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	11

I.1.6.2. Climagramme d'EMBERGER.....	11
I.1.6.3. Indice d'aridité de Martonne.....	13
II. Méthodologies de travail :	14
II.1. Dispositif et suivie expérimentale:	12
II.2. Conception expérimentale :.....	18
II.3. Matériels d'étude :	18
II.3.1. Echentillonnage et caractiréristique du sol	18
II.3.1.1.Préparation du sol	19
II.3.2. Pesticides	20
II.3.2.1.Préparation de la solution mère standard :	21
II.3.3.Eau.....	21
II.4. Les analyses granulométriques et physico-chimiques :	21
II.4.1. Sol	21
II.4.2. L'eau	22
II.5 Enrichissement du sol (contamination artificielle)	22
II.6. Extraction de pesticides du sol	23
II.7. Mesure de résidus de pesticides	23
II.8. Courbe d'étalonnage	24
II.9. Analyse des données	25

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Résultats des l'enquêtes.....	27
II. Les analyses granulométriques et physicochimiques.....	30
1.sol	30
2.Eau	31
III. Mesure spectrophotométrique UV-Vis	31
IV. Courbe d'étalonnage	33

V. Analyse des données	34
1.Analyse des données de linuron.....	34
2.Analyse des données de malathion.....	36
Comparaison de la dégradation à différentes températures	37

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

L'intensification de l'agriculture moderne repose largement sur l'usage des pesticides afin de protéger les cultures contre les organismes nuisibles et d'optimiser les rendements. Depuis plusieurs décennies, ces substances sont devenues des outils essentiels pour garantir la sécurité alimentaire et améliorer la productivité agricole à l'échelle mondiale (**Ecobichon, 2001 ; Jallow et al., 2017**). (**Aloui et al., 2020**).

Leur généralisation s'inscrit dans une dynamique historique amorcée notamment après la Seconde Guerre mondiale, période durant laquelle les produits phytosanitaires ont contribué à la régulation des productions agricoles et à la lutte contre certaines maladies parasitaires majeures (**Bourbai, 2013**). Par ailleurs, le marché mondial des pesticides a connu une croissance importante, atteignant plusieurs dizaines de milliards de dollars, ce qui témoigne de leur rôle stratégique dans les systèmes agricoles contemporains (**UIPP, 2009**).

Cependant, l'expansion de leur utilisation s'accompagne de préoccupations croissantes liées à leurs impacts environnementaux et sanitaires. L'usage intensif et parfois inapproprié de ces substances est aujourd'hui considéré comme un enjeu majeur de santé publique et de protection de l'environnement (**Jeyaratnam, 1990 ; Pimentel, 2005**).

En effet, les pesticides peuvent engendrer des effets indésirables tels que l'apparition de ravageurs secondaires, l'atteinte aux espèces non ciblées, ainsi que la contamination des différents compartiments de l'environnement, notamment les sols, les eaux et l'air (**Andrea et al., 2000 ; Bedos et al., 2002 ; Arias-Estévez et al., 2008**). À cela s'ajoute la problématique des résidus dans les produits agricoles, susceptible d'affecter la santé humaine (**Osman et al., 2010**).

Les agriculteurs, en particulier, représentent une population à risque élevé en raison de leur exposition directe lors des phases de manipulation, d'application et de stockage, souvent aggravée par des pratiques inadéquates ou un manque d'équipements de protection (**Litchfield, 2005**).

Dans ce contexte, les produits phytosanitaires peuvent être définis comme des substances chimiques ou biologiques destinées à protéger les végétaux contre divers agents nuisibles, qu'ils soient d'origine animale, végétale ou microbienne. Leur développement s'appuie sur une évolution historique ancienne, remontant à l'Antiquité avec l'utilisation de composés tels que le soufre ou l'arsenic, avant de connaître un essor significatif aux XIX^e et XX^e siècles grâce aux progrès de la chimie et à l'identification des propriétés biocides de nombreuses

substances (Calvet et al., 2005). Cette évolution a conduit à une diversification importante des pesticides, tant sur le plan de leur composition chimique que de leurs modes d'action. Historique des produits phytosanitaires Selon Calvet et al. (2005), l'utilisation des pesticides en agriculture remonte à l'antiquité, comme l'indique l'emploi du soufre cité par Homère et celle de l'arsenic signalé par l'ancien, utilisé comme insecticide depuis la fin du XVIIe siècle.

A la même époque, l'utilisation de la nicotine a été recommandée par Jean de la Quintinie (1626-1688) après la découverte de ses propriétés toxiques. Cependant, c'est lorsque de graves épidémies avaient apparus surtout au cours des XIXe et XXe siècle que des propriétés biocides de nombreux produits chimiques ont été mises en évidence donnant lieu à un considérable développement des techniques de protection des plantes.

Dès lors, les traitements insecticides, fongicides et herbicides apparaissent et prennent une grande importance. L'apparition en Europe en 1845 du mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) qui fut à l'origine d'une famine dramatique en Irlande, et de nombreuses invasions fongiques sur les céréales et la vigne a contribué à ces progrès. Parmi les pesticides les plus utilisés au cours du XIXe siècle, il faut citer les fongicides à base de sulfate de cuivre, en particulier la fameuse bouillie bordelaise (mélange de sulfate de cuivre et de chaux), mise au point par A. Millardet (1838- 1902) qui en proposa l'utilisation en 1885. L'arséniate de plomb a été utilisé en Algérie en 1888 autant qu'insecticide pour lutter contre l'eudémis de la vigne. Ensuite, à partir de la Seconde Guerre mondiale, le DDT (dichloro Diphényle Trichloroéthane) de la famille des organochlorés dont les propriétés insecticides ont été découvertes par Muller et Weissman en 1939, a connu un grand succès dans la lutte contre de nombreux insectes ravageurs et aussi contre les moustiques transmettant le paludisme.

Ainsi, Les produits phytosanitaires commercialisés actuellement présentent une grande diversité de structures chimiques et de groupes fonctionnels, ce qui rend leur classification relativement complexe. Selon LOUCHAHI (2015), les pesticides peuvent être classés selon deux principaux critères la nature chimique de la substance active ou la nature des organismes cibles.

La classification chimique repose sur la composition élémentaire, les fonctions chimiques et la structure moléculaire de la substance active, permettant ainsi de mieux comprendre ses

propriétés ainsi que son devenir dans l'environnement (**CALVET et al., 2005**). À cet égard, les pesticides sont généralement répartis en trois grandes catégories.

Les pesticides organiques constituent le groupe le plus important et comprennent notamment les organochlorés, caractérisés par leur forte persistance environnementale et leur toxicité élevée, à l'image du DDT (**BEN SALEM, 2015 ; BERRAH, 2011**), les organophosphorés, largement utilisés comme insecticides en agriculture et en médecine vétérinaire (**BERRAH, 2011**), ainsi que les carbamates, reconnus pour leur biodégradabilité relativement élevée et leur moindre persistance dans l'environnement (**BEN SALEM, 2015**).

D'autres familles chimiques telles que les triazines, les urées substituées et les pyréthriinoïdes sont également largement utilisées. Les pesticides inorganiques, constitués principalement de dérivés minéraux tels que le cuivre, le soufre ou l'acide borique, figurent parmi les premiers produits employés pour la lutte contre les organismes nuisibles. Leur faible dégradabilité peut toutefois entraîner des effets écotoxicologiques importants, notamment en raison de l'accumulation de certains éléments toxiques comme le plomb, l'arsenic et le mercure dans les sols (**BOLAND et al., 2004 ; AYAD-MOUKHTARI, 2012**).

À côté de ces groupes, les biopesticides représentent une alternative d'origine naturelle dérivée de plantes, d'animaux ou de micro-organismes, incluant notamment les bactéries, les virus, les champignons microscopiques, les nématodes ainsi que les phéromones d'insectes. Selon la nature des organismes visés, les pesticides sont principalement répartis en herbicides, fongicides et insecticides.

Les herbicides, qui représentent les pesticides les plus utilisés à l'échelle mondiale, sont destinés au contrôle des adventices par différents mécanismes d'action tels que l'inhibition de la photosynthèse, de la division cellulaire ou de la synthèse des acides aminés (**LOUCHAHI, 2015**).

Les fongicides sont employés pour lutter contre les maladies causées par les champignons et certaines bactéries phytopathogènes, en agissant notamment sur la respiration cellulaire ou la biosynthèse des stérols (**LOUCHAHI, 2015**).

Quant aux insecticides, ils assurent la protection des cultures contre les insectes nuisibles en perturbant leur système nerveux, leur respiration cellulaire ou leur croissance, et constituent l'un des groupes de pesticides présentant les risques les plus élevés pour la santé humaine (**MORTENSEN, 1986 cités par EL-BAKOURI, 2006**). En outre, d'autres catégories

spécialisées existent, notamment les acaricides, les nématicides, les rodenticides, les taupicides, les molluscicides ainsi que les corvicides et corvifuges, destinés à la lutte contre divers organismes nuisibles des cultures.

Dans les régions arides et semi-arides, telles que le sud de l'Algérie, l'utilisation des produits phytosanitaires revêt une importance particulière. Les conditions climatiques favorisent en effet la prolifération de certains ravageurs et maladies, rendant ces produits souvent indispensables pour maintenir la productivité agricole. En Algérie, l'augmentation des superficies cultivées s'est accompagnée d'une utilisation accrue de ces substances, avec plusieurs centaines de matières actives et des milliers de formulations commercialisées chaque année (**Bouziani, 2007 ; Rahatlfoul, 2019**). Cette tendance est également observée à l'échelle locale, notamment dans la région de Ghardaïa, où les pratiques phytosanitaires sont devenues courantes.

Ces deux pesticides ont été soumis à une expérimentation visant à évaluer la cinétique de leur dégradation dans le sol en fonction du temps ainsi qu'à étudier l'influence de la température sur ce processus.

Afin d'évaluer l'effet des conditions environnementales sur leur comportement dans le sol, les essais ont été réalisés dans des pots placés sous deux conditions d'exposition différentes : à l'ombre et en plein soleil. Cette approche permet d'étudier l'effet de facteurs tels que la température, le rayonnement solaire et l'évaporation sur la dégradation, la dissipation et la mobilité des pesticides dans le sol.

Cette démarche vise à optimiser les critères de détermination des doses d'application efficaces et à atténuer les risques environnementaux découlant de l'usage excessif des pesticides.

Afin de répondre aux objectifs de cette étude, le présent mémoire est structuré en trois chapitres.

Il s'ouvre par une introduction générale présentant le contexte de l'étude, la problématique ainsi que les objectifs poursuivis.

Le premier chapitre est consacré à la présentation du cadre général de l'étude, incluant la zone d'étude ainsi que les notions théoriques et bibliographiques en lien avec le sujet traité.

Le deuxième chapitre porte sur les matériels et méthodes, dans lequel sont décrits les matériaux utilisés, le protocole expérimental adopté ainsi que les conditions

environnementales étudiées pour l'évaluation de la cinétique de dégradation du malathion et du linuron dans le sol.

Le troisième chapitre est dédié à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus, accompagnées de leur interprétation et de leur comparaison avec les données de la littérature.

Le mémoire se termine par une conclusion générale récapitulant les principaux résultats, les conclusions essentielles ainsi que quelques perspectives de recherche.

Matériel et méthodes

I. Présentation de la région d'étude

La région de Ghardaïa, située au nord du Sahara algérien, à environ 600 km au sud de la capitale Alger. Elle s'étend selon une orientation nord-ouest/sud-est et constitue l'un des principaux ensembles oasiens du Sahara. La région est caractérisée par un relief relativement peu élevé dont l'altitude varie approximativement entre 435 et 514 m. Sa position géographique lui confère un climat saharien marqué par une faible pluviométrie, une forte évaporation et des écarts thermiques importants entre les saisons (**Zergoun, 2020**)

Tableau 01 : Daïras et communes de la Wilaya de Ghardaïa (**D.P.S.B, 2020**)

Daïras	Nombre de communes	Commune
Ghardaïa	1	Ghardaïa
Metlili	2	Metlili-Sebseb
Berriane	1	Berriane
Guerrara	1	Guerrara
Bounoura	2	Bounoura-El-Atteuf
Daya	1	Daya
Zelfana	1	Zelfana
Mansoura	1	Mansoura

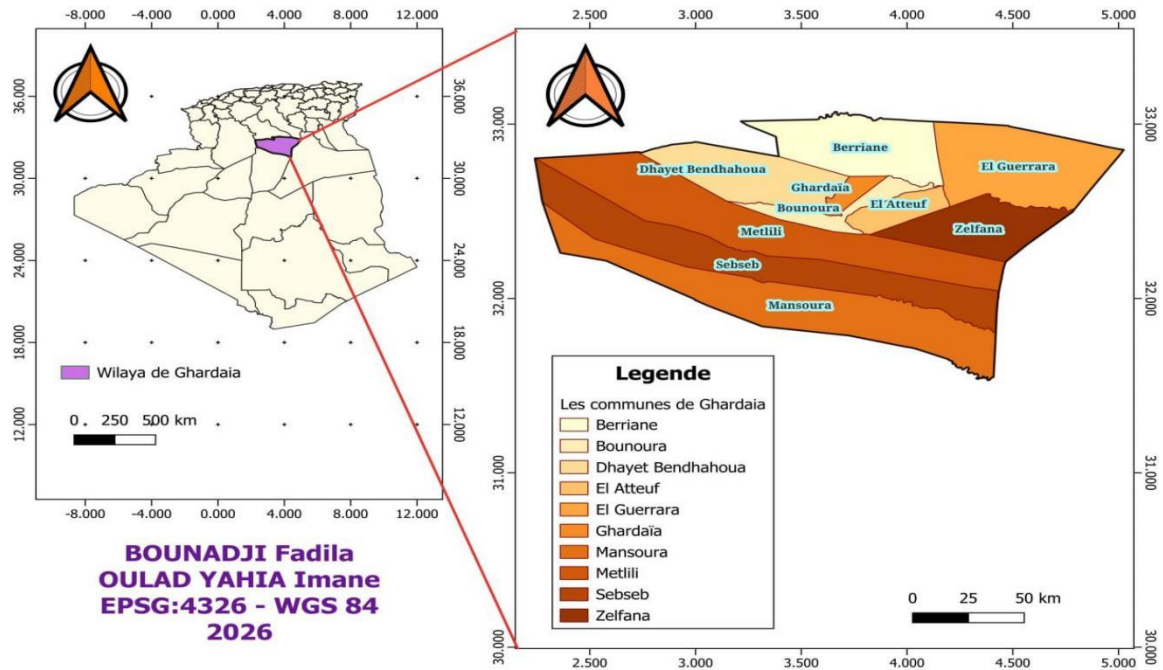


Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

I. 1. Aperçue géologique

D'un point de vue géologique, la région de Ghardaïa fait partie du Chebka de M'Zab, un complexe morphostructural caractérisé par des formations sédimentaires calcaires et dolomitiques. L'interaction entre l'érosion de l'eau et du vent a sculpté un paysage avec des plateaux rocheux, des vallées fermées et des dépôts alluviaux rassemblés dans des lits wadi. Ces formations géologiques sont cruciales pour la distribution des ressources en eau et l'établissement de sites oasis dans la région (**Bensaha, 2015**).

I. 2. Hydrologie et réseau hydrographique

L'hydrologie de la vallée du M'Zab est étroitement liée aux conditions arides du climat saharien. Les précipitations sont généralement faibles et irrégulières. Toutefois, certains épisodes pluvieux exceptionnels peuvent provoquer des inondations importantes au niveau de la dépression. Ces événements donnent lieu à des écoulements temporaires, caractérisant un régime hydrologique intermittent. Afin de faire face à ces contraintes hydriques, les populations locales ont mis en place des systèmes traditionnels de gestion et de récupération des eaux d'inondation, destinés à satisfaire les besoins agricoles et domestiques (**Buchareb, 2013**).

Le réseau hydrographique de la vallée repose sur deux composantes principales : les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux de surface proviennent essentiellement de ruissellements temporaires générés par des précipitations sporadiques. Les eaux souterraines

constituent, quant à elles, la principale source d'approvisionnement en eau de la région. Elles sont stockées dans une nappe phréatique superficielle ainsi que dans des aquifères profonds appartenant au Complexe Terminal (CT) et à l'Intercalaire Continental (CI). Ces ressources jouent un rôle essentiel dans le développement socio-économique de la vallée. Cependant, une exploitation intensive et continue peut entraîner une diminution des réserves disponibles ainsi qu'une dégradation progressive de la qualité de l'eau, notamment sous l'effet de la salinisation et des activités humaines (Bosselal et al., 2016 ; Bouselal et al., 2019)

I. 3. Pédologie

Dans la région de Ghardaïa, les conditions pédologiques sont façonnées par des climats désertiques, ce qui entraîne des sols à faible teneur en matière organique et un développement limité. Les sols du plateau sont souvent pierreux ou sablonneux, tandis que les plateaux de vallée présentent des sols alluviaux relativement fertiles. Cependant, l'évaporation intense et la minéralisation des eaux souterraines ont causé des problèmes de salinité dans plusieurs secteurs agricoles, ce qui a constitué une contrainte importante pour la production agricole (Bensaha, 2015). (Benzayet, 2010, cité par Chenini, 2013) .

I.4. Agriculture

L'agriculture de la vallée du M'Zab est principalement de type oasis. Elle est fondée sur la culture du palmier daté, qui sert de pierre angulaire à l'écosystème agricole local. Sous les palmiers, les légumes, le fourrage et les cultures fruitières ont été développés et adaptés pour prospérer dans des conditions sèches. La durabilité de cette activité dépend fortement de la disponibilité en eau et de l'efficacité des systèmes d'irrigation traditionnels. Malgré des défis comme la dégradation des sols, la salinité et la pénurie croissante d'eau, l'agriculture demeure un secteur économique vital dans la région (Benachour 2013).

I.5. Etude climatologique de Ghardaïa

I.5.1. Données climatiques générales

La région de Ghardaïa se caractérise par un climat saharien aride marqué par une forte continentalité et une faible pluviométrie. Selon l'A.N.R.H. (2011), l'année climatique est subdivisée en deux saisons principales : une saison chaude et sèche s'étendant d'avril à septembre, et une saison relativement tempérée couvrant la période d'octobre à mars.

Les précipitations annuelles enregistrées dans la région demeurent faibles, avec une moyenne d'environ 145 mm/an, traduisant le caractère aride du milieu. Les températures présentent une importante amplitude thermique saisonnière, avec des valeurs maximales pouvant atteindre 46

°C durant la période estivale, tandis que les températures minimales hivernales peuvent descendre jusqu'à environ 5 °C.

Par ailleurs, l'humidité relative moyenne observée entre 2011 et 2020 est de l'ordre de 36,78 %, ce qui reflète la prédominance d'un air sec favorisant une évaporation intense. En ce qui concerne le régime des vents, celui-ci se distingue par une variabilité saisonnière notable, avec une vitesse moyenne annuelle de 12,62 m/s. Les vitesses maximales sont enregistrées au mois d'avril (16,52 m/s), alors que les valeurs les plus faibles sont observées en octobre, avec une moyenne de 10,65 m/s (**Lagreb et al., 2021**).

I.6.2. Paramètres climatiques spécifiques

I.6.2.1. Température

La température moyenne annuelle dans la région d'étude est de 22,88 °C. Le mois de juillet est le plus chaud avec une moyenne de 35,29 °C, tandis que janvier est le plus froid avec 11,71 °C (Tableau 02).

I.5.2.2. Précipitations

Les précipitations sont faibles et irrégulières, caractéristiques du climat saharien. Le maximum mensuel est enregistré en septembre avec 5,33 mm, alors que le minimum est observé en juillet avec 0,20 mm. Le cumul annuel moyen est de 39,24 mm.

I.5.2.3. Humidité relative

L'humidité relative varie au cours de l'année, avec un minimum de 17,49 % en juillet et un maximum de 50,45 % en décembre.

I.5.2.4. Vent

Le vent influence fortement les conditions climatiques locales. Sa vitesse moyenne annuelle est de 13,44 m/s, avec un maximum de 16,52 m/s en avril et un minimum de 10,65 m/s en octobre.

Tableau 02 : Données climatiques la région de Ghardaïa (2013 – 2022) . Source :

Données traitées par nos soins à partir de Climatsetvoyages (s.d.) et Bedoui & Hadj Moussa (2025).

Mois	T moy	T M	T m	H (%)	P (mm)	V .Vent (m/s)	Insolation (h/j)	Evporation (mm)
Janvier	11,71	17,35	6,22	42,83	1,22	12,20	7,6	45
Février	13,55	19,18	7,97	36,49	3,53	15,45	8,3	60
Mars	16,93	22,62	10,94	32,41	4,04	16,40	9,3	95
Avril	21,82	27,91	15,16	28,03	3,96	16,52	10,0	140
Mai	26,82	32,94	19,98	23,96	3,89	15,63	10,7	220
Juin	32,04	38,21	24,86	19,43	0,71	14,81	11,2	310
Juillet	35,29	41,30	28,37	17,49	0,20	12,53	11,4	420
Aout	34,06	40,06	27,58	21,88	3,89	11,78	10,8	400
Septembre	29,98	35,96	23,92	29,87	5,33	11,72	9,7	260
Octobre	23,40	29,35	17,68	34,86	4,11	10,65	8,6	170
Novembre	16,53	22,00	11,23	41,67	4,88	11,94	7,7	90
Décembre	12,48	17,82	7,57	50,45	3,48	11,63	7,4	55
Moyenne mensuelle	22,88	28,73	16,79	31,61	3,27	13,44	9,39	188,75
Cumul annuel					39,24			

H : humidité relative, T : Température, P : Précipitation, V.V : vitesse de vent.

I.6. Synthèse climatique de Ghardaïa

I.6.1. Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Le diagramme est utilisé pour distinguer les périodes sèches et humides. Un mois est considéré comme sec lorsque les précipitations mensuelles (P) sont inférieures ou égales au double de la température moyenne (T), selon la relation $P \leq 2T$.

L'analyse des données de la période (2013–2022) montre que la région de Ghardaïa est caractérisée par une sécheresse quasi permanente, les précipitations demeurant constamment inférieures aux températures (Gausсен, 1953).

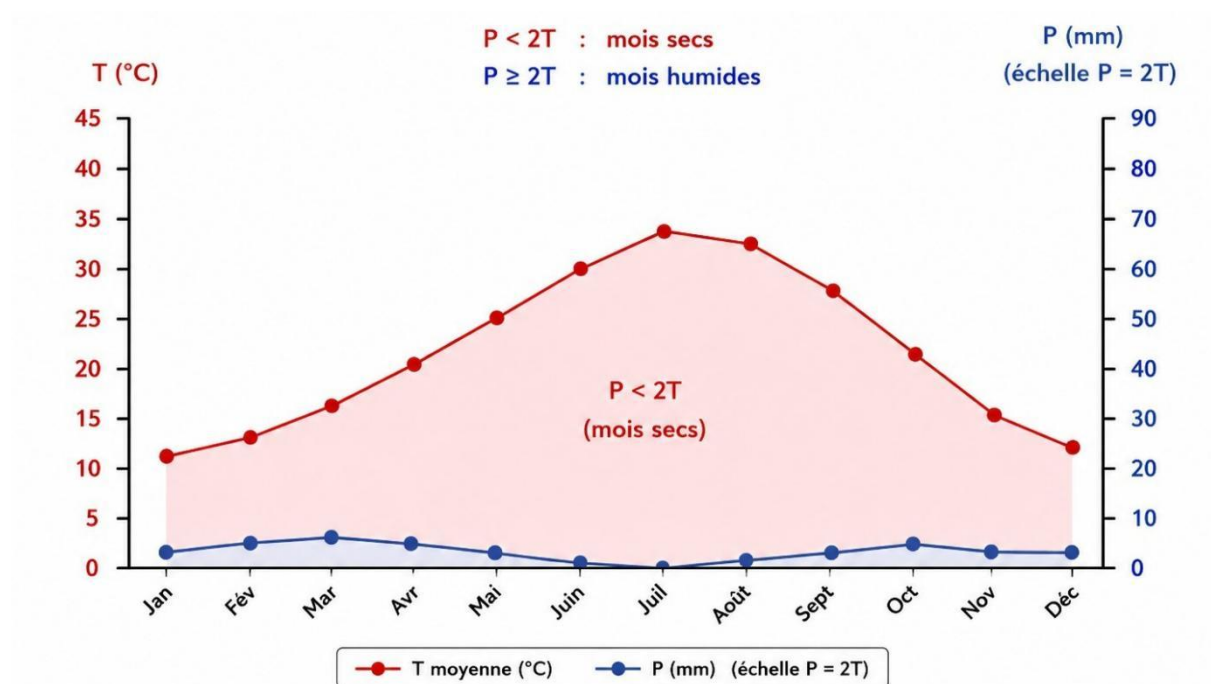


Figure 02 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de la région de GHARDAIA .

I.1.6.2. Climagramme d'EMBERGER

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté :

- en abscisses par la moyenne des minima du mois le plus froid.
- en ordonnées par le quotient pluviométrique (Q3) d'EMBERGER
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. La période sèche s'étend sur l'ensemble de l'année dans la région de Ghardaïa.

Nous avons utilisé la formule de STEWART (STEWART,1969) adapté pour

L'Algérie, qui se présente comme suit :

Q3 : quotient bioclimatique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : températures maximales moyenne du mois le plus chaud

m : températures minimales moyenne du mois le plus froid

(les températures sont converties en kilvin)

$$T(K)=T(^{\circ}C) +273$$

D'après la figure (3), GHARDAIA se situe dans l'étage bioclimatique saharienne a hiver doux et son quotient thermique(Q2) et de 3,89

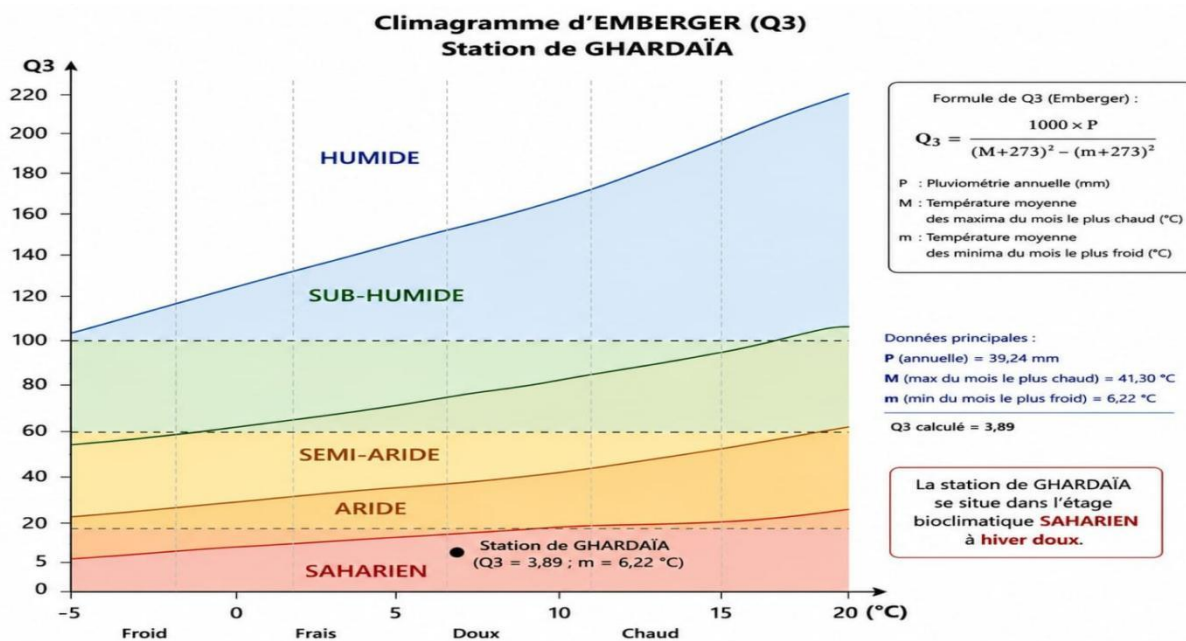


Figure 03 : étage bioclimatique de GHARDAIA selon le climagramme d'EMBERGER

I.1.6.3. Indice d'aridité de De Martonne

C'est le rapport de la pluie annuelle (en millimètre) sur la température moyenne(°C) auquel on ajoute 10 : $I = P/T+10$.

P = précipitations annuelles (mm) = 39,24mm

$T = \text{température moyenne annuelle } (^{\circ}\text{C}) = 22,88^{\circ}\text{C}$

$T+10=32,88$

$I = 1,19$

La valeur d'Indice d'aridité est inférieure à 5, donc climat hyper aride (désertique) selon la classification des climats de Martonne (1926), (Tab.3).

Tableau 03 : classification de l'indice de Martonne

Indice annuel : $I=P/(T+10)$

Indice mensuel : $=12xP/(T+10)$

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation potentielle	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu	Vallée de la mort aux USA
5 à 10	Aride Désert	Désert	Désert du Sahara, Désert de l'Arizona (USA)
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sahel, Kalahari
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt	Orléans, Région de Marseille Région parisienne,
30 à 40	Humide	Forêt	Région Lille
40 à 55	Humide	Forêt	Rouen, Dieppe, Alençon

II. Méthodologies de travail

Le travail s'inscrit dans une démarche méthodologique structurée comportant plusieurs étapes successives. Dans un premier temps, une recherche bibliographique approfondie est réalisée. Ce dernier est subdivisé en deux volets complémentaires, une enquête de terrain et une expérimentation.

L'enquête de terrain est réalisée auprès de différents acteurs DSA, la direction de l'environnement, des vendeurs et des agriculteurs Afin de recueillir les informations nécessaires sur les pesticides étudiés, ainsi que leur comportement dans le sol (**Figure 04**).

Par la suite, une conception expérimentale est élaborée pour définir les différentes étapes du protocole expérimental **adopté par Gouda et al., (2010)**. Des échantillons du sol utilisés pour cette expérience qui sont soumis à des analyses granulométriques et physico-chimiques afin de caractériser la texture, le pH et la conductivité électrique (CE). En parallèle, des solutions mères standards des pesticides étudiés sont préparées pour les besoins de l'expérimentation.

Le sol est ensuite enrichi avec les pesticides sélectionnés (linuron et malathion) selon les concentrations retenues dans le protocole expérimental. Après les périodes d'incubation prévues, les résidus des pesticides sont extraits à partir des échantillons de sol puis quantifiés par spectrophotométrie UV-Visible. Des courbes d'étalonnage sont établies afin de déterminer avec précision les concentrations résiduelles des différents pesticides dans les échantillons analysés.

Enfin, les résultats obtenus sont exploités pour étudier la cinétique de dégradation des pesticides dans le sol et déterminer leur demi-vie dans les conditions expérimentales considérées.

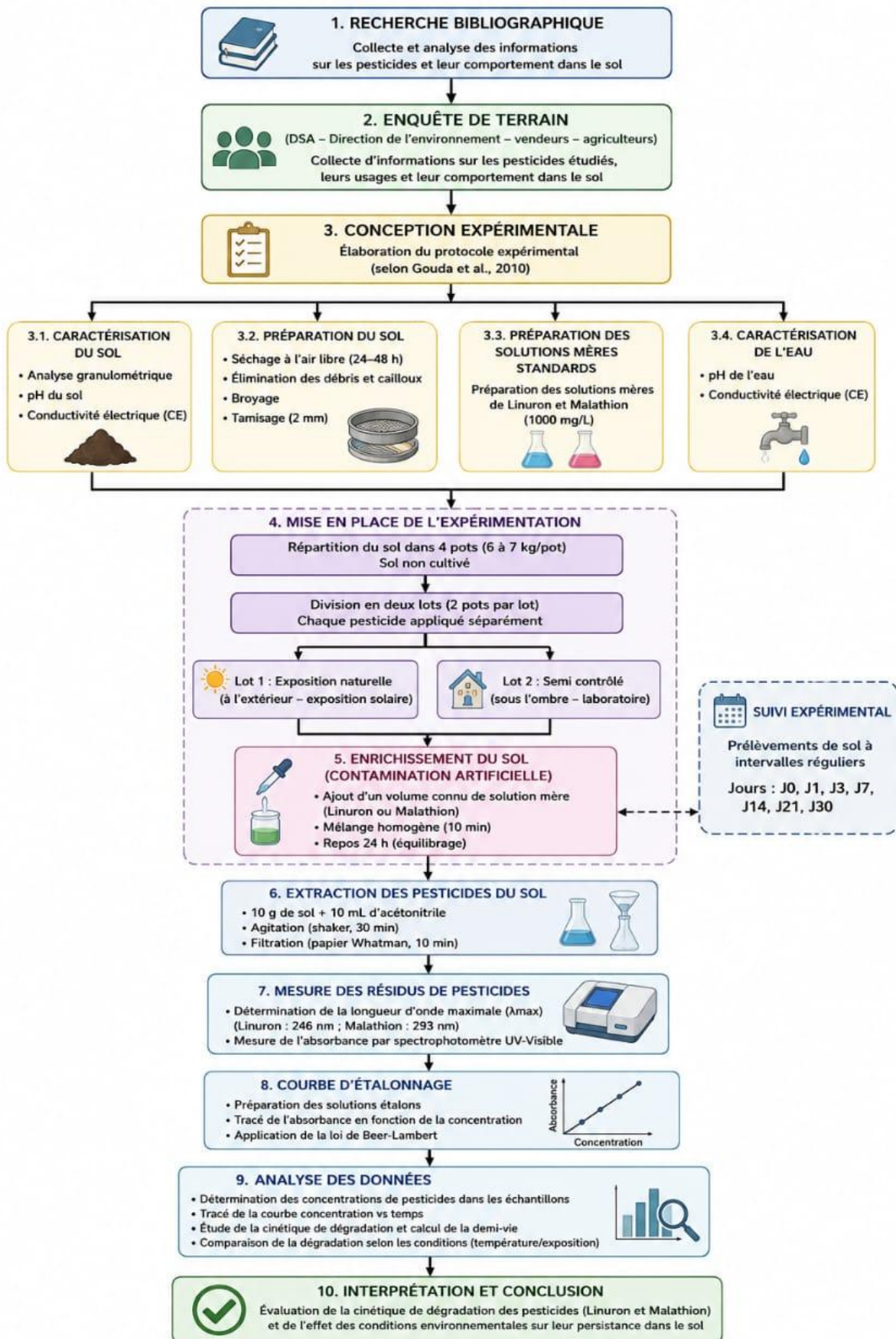


Figure 04 : Méthodologies de travail (réalisée à l'aide de l'IA par chat GPT).

II.1. Dispositif et suivi expérimental

Dès le début de cette étude, plusieurs difficultés ont été rencontrées lors de la tentative de la mise en place de l'expérimentation au niveau des exploitations agricoles de la région. En effet, certains agriculteurs avaient déjà procédé à l'application des pesticides avant le début de nos travaux, tandis que d'autres ne respectaient pas les conditions et les normes requises pour une utilisation adéquate de ces produits phytosanitaires. Face à ces contraintes, il a été nécessaire d'adapter le protocole expérimental en optant pour une expérimentation de simulation contrôlée proche des conditions réelles du terrain.

L'étude a été réalisée sur un sol non cultivé placé dans des pots. Ce modèle a permis de mieux contrôler les différents paramètres expérimentaux tout en reproduisant, autant que possible, les conditions du milieu naturel.

Cette étude pilote à petite échelle a été menée afin d'évaluer la cinétique de dégradation de deux produits phytosanitaires [linuron et malathion] dans le sol, ainsi que l'influence des conditions environnementales (température et exposition lumineuse) sur ce processus.

Le protocole a été structuré de la manière suivante : un sol nu a été réparti de façon homogène dans des pots expérimentaux (masse de sol par pot : [6 à 7]kg). Les modalités de traitement ont été appliquées séparément pour chaque pesticide.

Afin d'étudier l'impact des facteurs exogènes, le dispositif a été divisé en deux lots distincts :

- **Lot 1 (exposition naturelle)** : Placé à l'extérieur, soumis au rayonnement solaire direct et aux fluctuations thermiques naturelles.
- **Lot 2 (semi contrôlé : sous l'ombre)** : Maintenu à l'obscurité (ou lumière ambiante atténuée) au sein du laboratoire.

Le suivi cinétique a été réalisé par des prélèvements de sol à intervalles de temps réguliers (Jours : [J0, J1, J3...]) afin de quantifier les résidus de pesticides par (la méthode d'analyse spectrophotométrique UV-visible) Afin de la détermination et étude de la dégradation de ces pesticides sélectionnés dans le sol et l'effet de la température sur sa dégradation par spectrophotométrie UV-visible. **(Annexe 01)**

Le cadre réglementaire algérien concernant l'utilisation des pesticides est très strict (obligation absolue d'homologation par la DPVCT selon le Décret 95-405 et contrôle douanier via le Décret 10-69). Le défi souvent relevé dans les thèses locales réside plutôt dans la vulgarisation et le respect effectif de ces textes (comme les DAR). (**Décret exécutif n° 95-405 (1995)**).

La loi 87/09 en Algérie, connue sous le nom de "loi phytosanitaire", a été adoptée pour réglementer l'utilisation des produits phytosanitaires et protéger la santé publique, l'environnement et les cultures agricoles contre les risques liés à l'utilisation de produits chimiques. Elle s'inscrit dans un cadre plus large de gestion des risques phytosanitaires en Algérie. Principaux objectifs de la loi 87/09 :

1. Protection de la santé publique : La loi vise à réduire les dangers liés à l'usage des pesticides et autres produits chimiques dans l'agriculture.
2. Protection de l'environnement : Elle impose des normes strictes pour l'utilisation et la gestion des produits phytosanitaires afin d'éviter la pollution des sols, de l'eau et de l'air.
3. Garantir la qualité des produits agricoles : Assurer que les produits cultivés soient sûrs pour la consommation humaine.
4. Contrôles rigoureux : La loi prévoit un système de régulation et de contrôle sur la production, la commercialisation et l'utilisation des produits phytosanitaires.
5. Encouragement des alternatives : Promotion de méthodes alternatives et durables comme l'agriculture biologique et intégrée. (**Loi n° 87-17, 1987**)

II.2. Conception expérimentale

Nous divisons les pots en deux groupes, chaque groupe contenant 2 pots, L'un est exposé au soleil, et l'autre est sous l'ombre, met dans le laboratoire. Afin de mettre un type de pesticide dans chaque pot de chaque groupe.

II.3. Matériels d'étude

II.3.1. Échantillonnage et caractérisation du sol

Le sol utilisé dans cette étude a été prélevé au niveau du pôle N°3 de l'Université de Ghardaïa. Le site de prélèvement a été sélectionné pour son caractère anthropique limité, s'agissant d'un sol ni cultivé, ni contaminé préalablement (**Figure05**).

Des quantités suffisantes de terre ont été collectées et transportées vers le site expérimental. Afin de déterminer les propriétés initiales du support de culture, des échantillons ont été soumis à une analyse granulométrique pour en préciser la texture, ainsi qu'à des analyses physico-chimiques pour en déterminer le pH et la conductivité électrique (CE).



Figure 05 : image satellitaire de pôle N°3 de l'Université de Ghardaïa (google Earth)

II.3.1.1. Préparation du sol

Nous prélevons le sol de terre agricole de surface n'ayant subi aucun traitement phytosanitaire récent. Le sol est laissé à sécher à l'air libre pendant 24 à 48 heures, débarrassé des débris végétaux et des cailloux, broyé, puis tamisé à travers un tamis de 2 mm de diamètre.

Le dispositif expérimental est constitué de quatre (04) pots de 20 cm de profondeur, répartis en deux lots (**figures 6 et 7**) : deux (02) pots sont exposés au soleil et deux (02) pots sont placés à l'abri (sous l'ombre, dans le laboratoire de chimie). Chaque pot est rempli de manière homogène avec une masse équivalente de sol (6 à 7 kg).



Figure 06 : Pots sans cultures déposés à l'aire libre (exposé au soleil)



Figure 07 : Pots sans cultures sous l'abri (sous l'ombre, met dans le laboratoire)

II.3.2. Pesticides

Le choix de ces deux pesticides (linuron : herbicide fabriqué en Espagne et malathion : insecticide fabriqué en Algérie) s'est appuyé sur leur large diffusion et leur taux élevé de commercialisation dans les magasins de produits phytosanitaires, ce qui reflète l'importance de leur utilisation dans les pratiques agricoles. Par ailleurs, ces deux pesticides présentent l'avantage d'être analysables par la technique de spectrophotométrie UV-Visible, facilitant ainsi la détermination de leurs concentrations et l'étude de leur comportement dans le sol. (Annexe 01)

II.3.2.1. Préparation de la solution mère standard

Nous pesons avec précision 1g de pesticide standard de Linuron (**Annexe 01**) à l'aide d'une balance analytique. Nous le dissolvons ensuite dans de l'eau distillée dans une fiole jaugée, puis nous ajustons le volume exactement au trait de jauge pour obtenir une solution mère à 1000 mg/L.

Nous prélevons un volume de 2,5 ml de pesticide standard de Malathion (**Annexe 01**) à l'aide d'une pipette jaugée. Nous l'introduisons dans une fiole jaugée de 1000 ml et nous complétons jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée pour obtenir une solution mère à 1000 mg/L.

II.3.3. Eau

Pour l'irrigation, nous avons utilisé l'eau du robinet au niveau de laboratoire de chimie de la Faculté de SNVST. Et nous avons fait l'analyse physico-chimiques d'eau par mesure le pH et CE d'eau.

II.4. Analyses granulométriques et physico-chimiques

II.4.1. Sol

Nous avons fait l'analyse granulométrique de sol par la méthode de tamisage :

- On met l'échantillon de sol dans une étuve à une température de 105°-110 °C.
- On pèse l'échantillon afin d'obtenir sa masse sèche.
- On passe le sol à travers un tamis électrique ayant successivement des diamètres plus petits.
- Nous avons pesé la masse de sol retenue dans chaque tamis et avons déterminé le pourcentage cumulé de chaque masse de sol afin de déterminer le type de sol (Zemouli, s.d.).
- Nous avons fait l'analyse physico-chimique du sol par mesure du pH et de la CE du sol.
- Nous avons mesuré le pH du sol à partir d'une suspension sol/eau distillée préparée selon un rapport de 1/2,5. Pour cela, nous avons pesé 20 g de terre fine (< 2 mm), préalablement séchée à l'air ambiant, puis nous l'avons introduite dans un bécher de 100 ml. Ensuite, nous avons ajouté 50 ml d'eau distillée. Le mélange a été homogénéisé. à l'aide d'un agitateur magnétique pendant quelques minutes, puis laissé au repos pendant deux heures afin d'assurer l'équilibre entre les phases solide et liquide. (**AUBERT, 1978**).

- La conductivité électrique (CE) du sol a été déterminée à partir d'un extrait aqueux dont la préparation a été réalisée selon un rapport sol/eau de 1/5. Pour cela, nous avons pesé 20 g de terre fine que nous avons introduits dans une fiole de 250 ml. Ensuite, nous avons ajouté 100 ml d'eau distillée, puis le mélange a été soumis à une agitation continue pendant une heure à l'aide d'un agitateur magnétique afin d'assurer une bonne extraction des sels solubles. A l'issue de l'agitation, la suspension obtenue a été filtrée pour récupérer l'extrait aqueux. Après l'étalonnage du conductimètre (M38) à une température de 25 °C, nous avons immergé l'électrode dans le filtrat et relevé la valeur de la conductivité électrique après stabilisation de la lecture. (AUBERT, 1978).

Après avoir étalonné le pH-mètre à électrode de verre, nous avons plongé l'électrode dans la suspension et relevé la valeur du pH une fois la lecture stabilisée.

II.4.2. Eau

II.4.2.1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

On a utilisé un pH-mètre (AD130) comme système de mesure électrochimique. Nous avons rincé l'électrode à l'eau distillée avant de l'immerger dans un échantillon d'eau placé dans un bécher propre. Après stabilisation de la lecture et nous avons enregistré la valeur du pH.

II.4.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

On a utilisé un conductimètre (CON110) comme système de mesure électrochimique. Nous avons rincé la cellule de mesure à l'eau distillée puis l'avons plongée dans un échantillon d'eau placé dans un bécher propre. Après stabilisation de la lecture, nous avons relevé la valeur de la conductivité électrique, exprimée en dS/m.

II.5 Enrichissement du sol (contamination artificielle)

Nous avons Pesé 500 g de sol préparé de chaque pot dans 4 récipients en verre.

Nous avons ajoute un volume connu de solution mère de pesticide où deux récipients reçu le pesticide Linuron et les deux autres récipients ont reçu le troisième pesticide de malathion.

Nous avons Bien mélangé pendant 10 minutes pour assurer une distribution homogène.

On Laisse reposer le sol pendant 24 heures pour permettre l'équilibrage.

II.6. Extraction de pesticides du sol

Tableau 04 : Extraction de pesticides du sol

Jours	1	3	7	14	21	30
Pris(g)	10	10	10	10	10	10

- Nous avons Pesé 10 g d'échantillon de sol dans un erlenmeyer.
- Nous Ajoutons 10mL d'acétonitrile.
- Nous l'agitons à l'aide d'un agitateur mécanique (reciprocating shaker / SSL/) pendant 30 minutes.
- Nous le Filtré sur papier filtre Whatman pendant 10 minutes pour éliminer les particules en suspension. (Anastassiades et al., 2003)

II.7. Mesure de résidus de pesticides

La détermination de la longueur d'onde maximale (λ_{\max}) de chaque pesticide a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (SECOMAM – Uvi Line 9400), par un balayage spectral dans le domaine des ultraviolets **selon (Gouda et al., 2010)**. Cette approche consiste à enregistrer l'absorbance en fonction de la longueur d'onde, la valeur de λ_{\max} correspondant au maximum d'absorbance observé.

L'analyse des spectres d'absorption a révélé que chaque pesticide présente un profil spectral spécifique, caractérisé par un pic d'absorption unique et bien défini. Cette caractéristique traduit une absorption sélective et stable, permettant ainsi le choix d'une longueur d'onde optimale pour la réalisation des dosages quantitatifs et l'établissement des courbes d'étalonnage, conformément à la loi de Beer-Lambert.

Les longueurs d'onde maximales déterminées pour les pesticides étudiés sont les suivantes :

– Linuron : $\lambda_{\max} = 246$ nm

– Malathion : $\lambda_{\max} = 293$ nm

Ces longueurs d'onde ont été retenues pour l'ensemble des mesures analytiques effectuées aux différents temps d'exposition (1, 3, 7, 21 et 30 jours), afin d'assurer la fiabilité des mesures et la comparabilité des résultats obtenus au cours du suivi temporel.



Figure 08 : Spectrophotométrie UV- Vis (SECOMAM–UviLine 9400)

II.8. Courbe d'étalonnage

Établir les courbes d'étalonnage en traçant l'absorbance en fonction de la concentration à l'aide des solutions étalons. La loi de Beer-Lambert est utilisée pour déterminer les concentrations.

Linuron

$$A=0.0393 C+0.001$$

$$R^2=0.9995$$

malathion

$$A= 0.0396 C + 0.074$$

$$R2= 0.9992$$

II.9. Analyse des données

- Déterminer la concentration de pesticide dans chaque extrait de sol.
- Tracer la courbe de concentration en fonction du temps pour observer les tendances de dégradation.

Linuron

$$A=0.0393 C+0.001$$

$$C=(A - 0.001)/0.0393$$

$$R^2=0.9995$$

malathion

$$A= 0.0396 C + 0.074$$

$$C=(A - 0.074)/0.0396$$

$$R^2= 0.9992$$

- Comparer la dégradation à différentes températures. (**Gouda et al., 2010**).

Résultats et Discussion

I. Résultats des l'enquêtes

Dans le cadre de ce travail, nous avons réalisé une série d'enquêtes sur les pesticides les plus utilisés par les agriculteurs de la région de Ghardaïa. Cette étude a concerné les services de la Direction des Services Agricoles (DSA), la Direction de l'Environnement, ainsi que des agriculteurs locaux de la région, sans oublier les propriétaires de points de vente de produits phytosanitaires. Les données recueillies nous ont permis d'identifier les principaux pesticides effectivement utilisés sur le terrain. Les résultats issus de cette enquête sont présentés dans (le tableau 05).

Tableau 05 : Liste des pesticides commercialisés et utilisés d'après l'enquête qui a été menée auprès des vendeurs, des agriculteurs, la DSA et la direction de l'environnement :

Type de produit	Nom commercial	Matière active	Usage agricole	Nom arabe
Insecticide	Karateka	Contient une concentration de 50 g/L de lambda-cyhalothrine	Efficace contre les insectes piqueurs-suceurs et broyeurs tels que les pucerons, les thrips, les aleurodes, les araignées, les coléoptères et les chenilles	كراتيكة
	Decis	Deltaméthrine	<ul style="list-style-type: none"> Vers (tels que la noctuelle du cotonnier, la noctuelle de la capsule et autres) Pucerons, aleurodes, thrips, cicadelles, psylles. Coléoptères, charançons, cochenilles et mineuses des feuilles.	دسيس

	La deltaméthrine	Deltaméthrine	Lutte contre les pucerons, les thrips, les vers des fruits, les charançons des palmiers, les foreurs de tiges et les coléoptères sur des cultures telles que les tomates, les aubergines, les oignons, les raisins et les fruits.	دلتما مترين
	Le malathion	Malathion	Pour éliminer les pucerons, les aleurodes, les cicadelles du riz et les tétranyques dans les cultures telles que le blé, le riz, les légumes et les arbres fruitiers.	ملاثيون
	vapcomic	apamictine	Utilisé pour la protection des cultures contre différents insectes ravageurs. Il agit en réduisant les infestations et contribue à préserver le rendement et la qualité des productions agricoles.	فابكومك
	Aceplan 20 SP	20 % d'acétaminophène.	Efficace contre les œufs persistants, les larves et les insectes adultes	اسبلان
	Benevia	cyantraniliprole	Contre plusieurs insectes ravageurs des cultures maraîchères, notamment les lépidoptères, les mineuses et certains insectes piqueurs-suceurs. Il agit	بينيفيا

			principalement par ingestion et contact, provoquant l'arrêt rapide de l'alimentation des insectes	
	Sunara	Sunara	Utilisé pour la lutte contre différents insectes ravageurs des cultures agricoles. Il agit en réduisant les infestations et contribue à la protection des cultures ainsi qu'à l'amélioration du rendement.	سونارا
	Icon Star	Star	Utilisé pour le contrôle de nombreux insectes nuisibles. Il agit par contact et ingestion, assurant une protection efficace des cultures contre les attaques des ravageurs.	ايكون ستار
	Delta Ethyl	Ethyl	Utilisé pour lutter contre divers insectes ravageurs des cultures. Il agit principalement par contact en perturbant le système nerveux des insectes, entraînant leur élimination.	دالتا ايثيل
Fongicide	Tutia Plus	Le sulfate de cuivre	Contre les maladies fongiques par temps chaud et humide, et utilisé en agriculture biologique, notamment en automne et en hiver	توتية
	Le mancozèbe	Mancozèbe	Mildiou tardif et précoce, mildiou duveteux, rouille,	منكوزاب

			taches foliaires	
	Mancopan	Mancozeb 80 %	Il empêche les champignons de se développer et de se multiplier à l'intérieur de la plante.	منكوبان
	Pervicur energy	propamocarbe et de fosétyl-aluminium.	Utilisé pour lutter contre les maladies du sol telles que le Pythium et le Phytophthora, responsables des fontes de semis et des pourritures racinaires et du collet	بريفيكور انرجي
	Ridomil gold	Métalaxyl-M et de mancozèbe.	Il est utilisé pour la prévention et le contrôle des maladies causées par les oomycètes, notamment le mildiou et le phytophthora, sur diverses cultures agricoles	رادوميل جولد
	Aliette Flash	fosétyl-aluminium	utilisé pour lutter contre les maladies causées par les oomycètes, notamment le mildiou et le Phytophthora. Il possède une action préventive et curative et stimule les défenses naturelles de la plante.	اليات فلاش
	RODAZIME	Métalaxyl : 8 % p/p Mancozèbe : 64 % p/p	Mildiou Pourriture des racines Brûlure des feuilles Pourriture des semences et des semis Maladies fongiques transmises par le sol	رودازيم
herbicide	le Fumak	oxyfluorène (24 %	il est utilisé sur des cultures	فوماك

		EC)	telles que les oignons, l'ail, les fruits, les agrumes et le chou-fleur, où il provoque le jaunissement des feuilles et la mort des adventices	
	Tiller	Glyphosate comme matière active à une concentration de	Les mauvaises herbes à feuilles larges et à petites feuilles, annuelles et vivaces.	تيلر
	Topik	Clodinafop-propargyl	Utilisé en post-levée pour le contrôle des mauvaises herbes graminées dans les cultures céréalières, notamment le blé. Il agit de manière systémique en bloquant la croissance des adventices sensibles.	توبيك
Herbicide	Revsat	Reformat	Lutter contre les adventices telles que les graminées et l'ivraie dans les cultures à feuilles larges comme le maïs, les pommes de terre, les oignons et les carottes	ريفزات
	LINURON	Le linuron	Lutter contre les dicotylédones et les graminées annuelles	لينورون

II. Analyse granulométrique s et physico-chimiques

II. 1.sol

II. 1.1. Analyse granulométrique

Pour réaliser l'analyse granulométrique du sol, nous avons prélevé un échantillon de 400 (g) de sol et l'avons soumis à un tamisage mécanique à l'aide d'un tamis électrique, dans le but de déterminer le type de sol.

Les résultats obtenus pour chaque dimension de particules sont les suivants :

Poids totaux= 400g

Tableau 06 : Résultats du tamisage électrique du sol

Diamètre du tamis (mm)	Poids (g)	Pourcentage (%)
1.6	14.86	3.715
1.25	20.22	5.055
1	20.91	5.2275
0.8	17.67	4.4175
0.5	36.78	9.195
0.25	62.93	15.7325
0.125	96.18	24.045
0.08	80.05	20.0125
0.063	22.47	5.6175
Base<0.02	25.86	6.465

Par conséquent Le type de sol est : **un sol sableux.**

1.2. Analyses physico-chimiques du sol

1.2.1. pH

Le pH mesuré du sol étudié est de **7.1**, par conséquent La nature de sol est : un sol neutre.

1.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique mesurée du sol étudié à 25° est de **0,65 DS/m**, ce qui indique une faible salinité du sol.

II. 2.Eau

2.1. Analyses physico-chimiques d'eau

2.1.1. pH

Le pH mesuré d'eau utilisé est de **7.42**, par conséquent La nature d'eau est : eau légèrement basique /alcaline.

2.1. 2. Conductivité électrique

La conductivité électrique mesurée d'eau utilisé à 25° est de **0.8DS/m**, ce qui indique que l'eau présentant une salinité modérée.

III.Mesure spectrophotométrique UV-Vis

Les résultats de mesure spectrophotométrique UV-Vis de pesticide malathion et linuron sont présentés dans les tableaux suivants

Tableau 07 : Résultats de la mesure de Malathion extérieur

Temps(jour)	1	3	7	14	21	30
Absorbance	0.05	0.07	1.295	0.732	0.557	1.00
Répétition 1	0.05	0.065	1.297	0.731	0.563	0.99
Répétition2	0.06	0.075	1.296	0.732	0.562	0.89
La moyenne	0.053	0.07	1.296	0.7316	0.560	0.96

Tableau 08 : Résultats de la mesure de Malathion intérieur

Temps(jour)	1	3	7	14	21	30
Absorbance	0.880	0.045	1.177	0.72	0.334	1.08
Répétition 1	0.890	0.040	1.182	0.70	0.335	1.09
Répétition2	0.885	0.043	1.180	0.74	0.333	1.00
La moyenne	0.885	0.042	1.179	0.72	0.334	1.05

Tableau 09 : Résultats de la mesure de Linuron extérieur

Temps(jour)	1	3	7	14	21	30
Absorbance	2.098	2.25	4.500	3.10	2.763	2.45
Répétition 1	2.100	2.24	4.500	3.08	2.806	2.40
Répétition2	2.095	2.23	4.490	3.12	2.805	2.44
La moyenne	2.097	2.24	4.496	3.10	2.791	2.43

Tableau 10 : Résultats de la mesure de Linuron intérieur

Temps(jour)	1	3	7	14	21	30
Absorbance	0.540	1.95	2.680	2.20	1.059	2.55
Répétition 1	0.540	1.95	2.680	2.18	1.059	2.53
Répétition2	0.542	1.90	2.679	2.22	1.062	2.55
La moyenne	0.540	1.93	2.679	2.20	1.06	2.54

IV. Courbe d'étalonnage

- **Linuron** : la longueur d'onde=246 nm

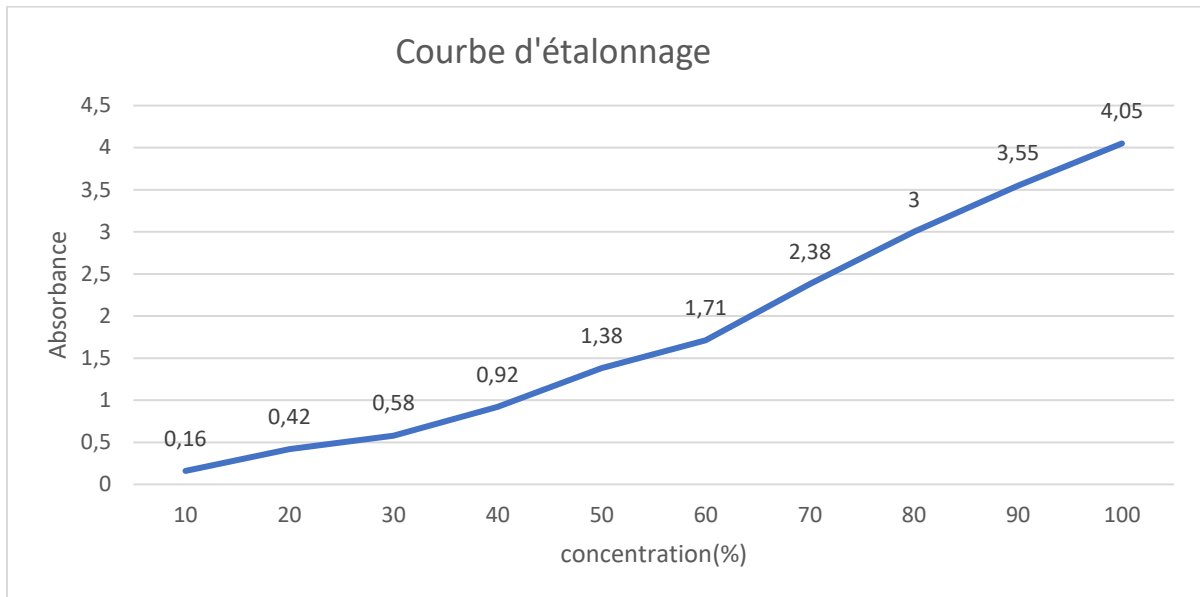


Figure 09 : Courbe d'étalonnage de linuron

- **Malathion** : la longueur d'onde=293 nm

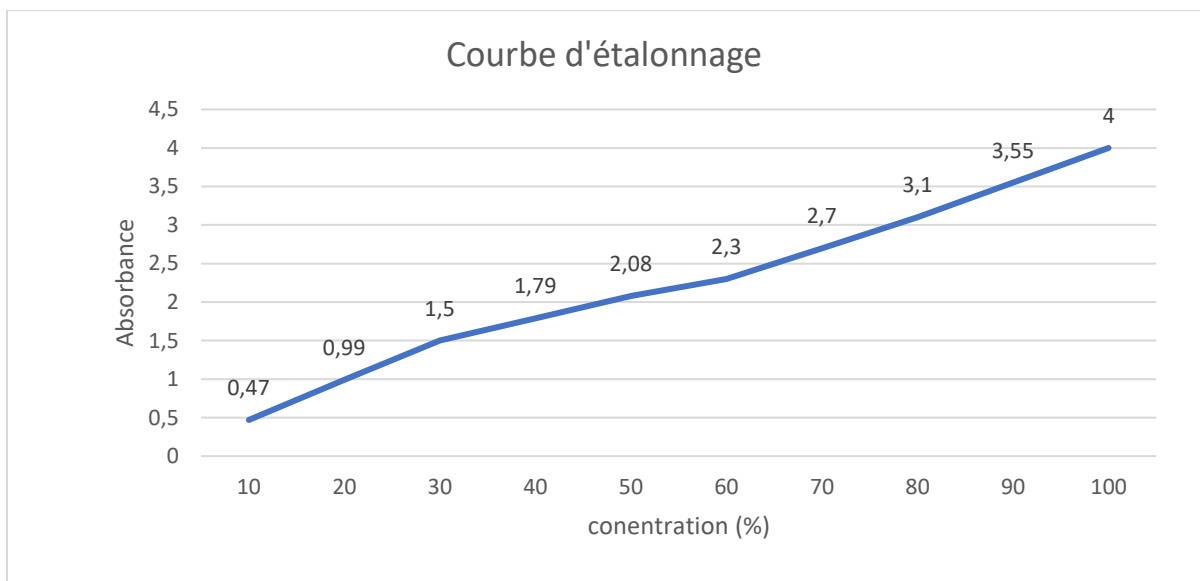


Figure 10 : Courbe d'étalonnage de malathion

V. Analyse des données

V. 1. Analyse des données de linuron

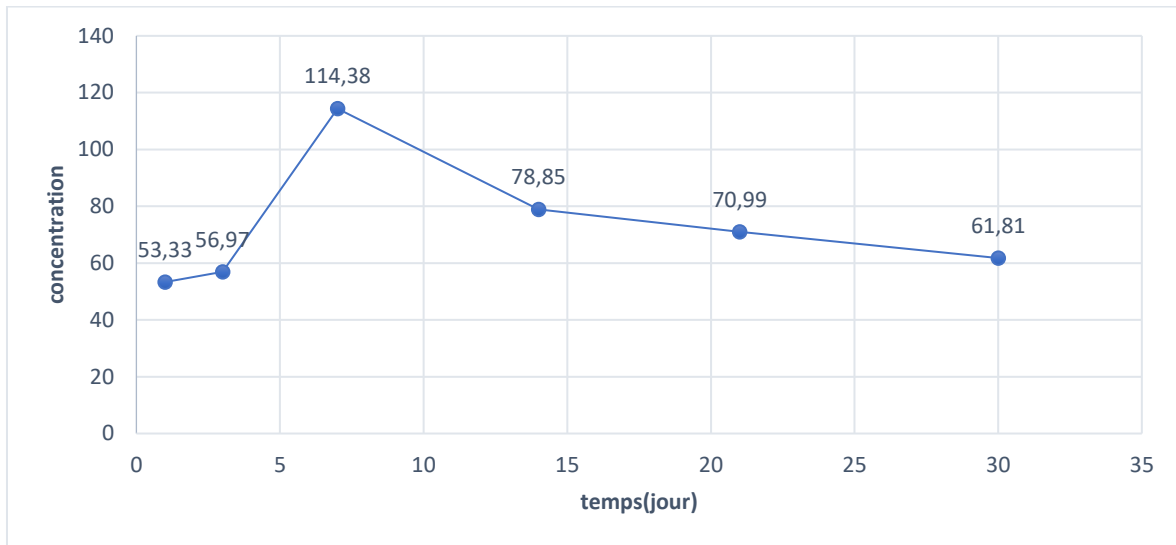


Figure 11 : Courbe de concentration de linuron de l'extérieur

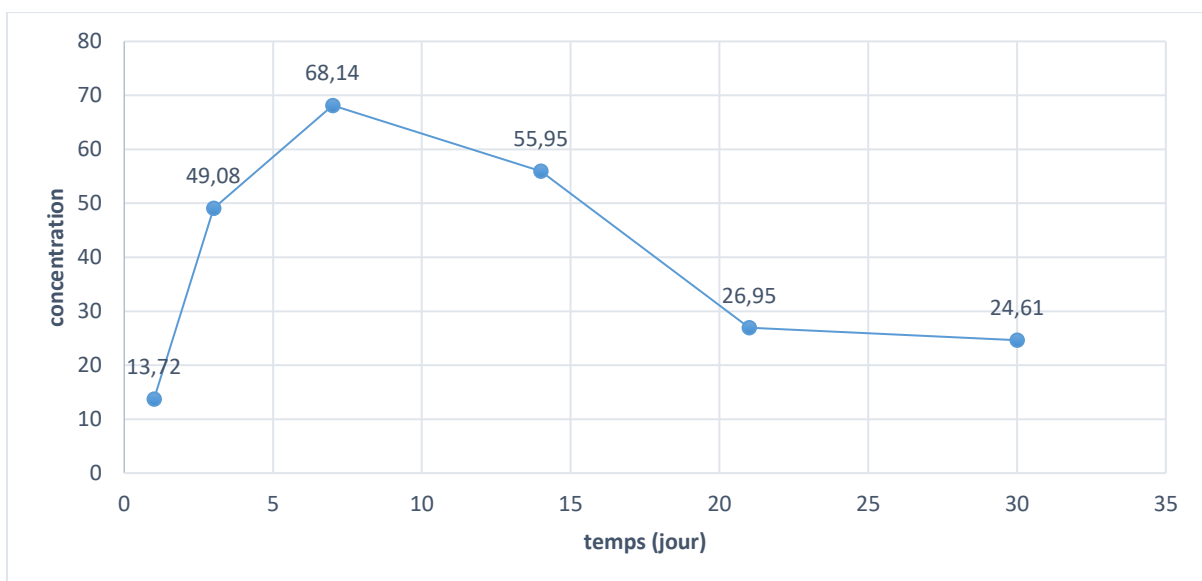


Figure 12 : Courbe de concentration de linuron de l'intérieur.

Les résultats obtenus montrent une variation de la concentration du pesticide dans le sol en fonction du temps et des conditions de température. Une augmentation progressive de la concentration a été observée durant les premiers jours de l'expérimentation, passant de 53,33 à 114,38 en conditions extérieures et de 13,72 à 68,14 en conditions intérieures entre le 1^{er} et le 7^e jour. Cette augmentation peut être attribuée à une meilleure disponibilité du pesticide dans la matrice du sol et à son extraction progressive. À partir du 7^e jour, une diminution

continue de la concentration est enregistrée dans les deux conditions, traduisant le début des processus de dissipation et de dégradation du pesticide.

En conditions extérieures, la concentration diminue de 114,38 à 61,81 entre le 7^e et le 30^e jour, soit une réduction d'environ 46 %, tandis qu'en conditions intérieures elle passe de 68,14 à 24,61, correspondant à une diminution d'environ 64 %. Ces résultats indiquent que la température influence significativement le devenir du pesticide dans le sol en favorisant les mécanismes de dégradation, notamment l'activité microbienne et les réactions physicochimiques responsables de sa dissipation.

Malgré cette diminution, des concentrations non négligeables subsistent après 30 jours, ce qui témoigne d'une certaine persistance du pesticide dans le sol. Ainsi, le composé ne semble pas être rapidement éliminé et peut demeurer dans le milieu édaphique pendant plusieurs semaines. L'estimation de la demi-vie du pesticide, basée sur l'évolution des concentrations observées après le pic enregistré au 7^e jour, suggère une valeur approximative comprise entre 25 et 35 jours, soit environ 30 jours. Cette valeur permet de classer le pesticide parmi les substances modérément persistantes dans les conditions expérimentales étudiées.

Cependant, la présence de résidus mesurables après 30 jours suggère qu'une fraction importante du pesticide demeure adsorbée sur les particules du sol. En conséquence, le pesticide présente une persistance relativement élevée et pourrait rester détectable dans le sol pendant une période pouvant atteindre plusieurs mois avant sa dégradation quasi complète.

V. 2. Analyse des données de malathion

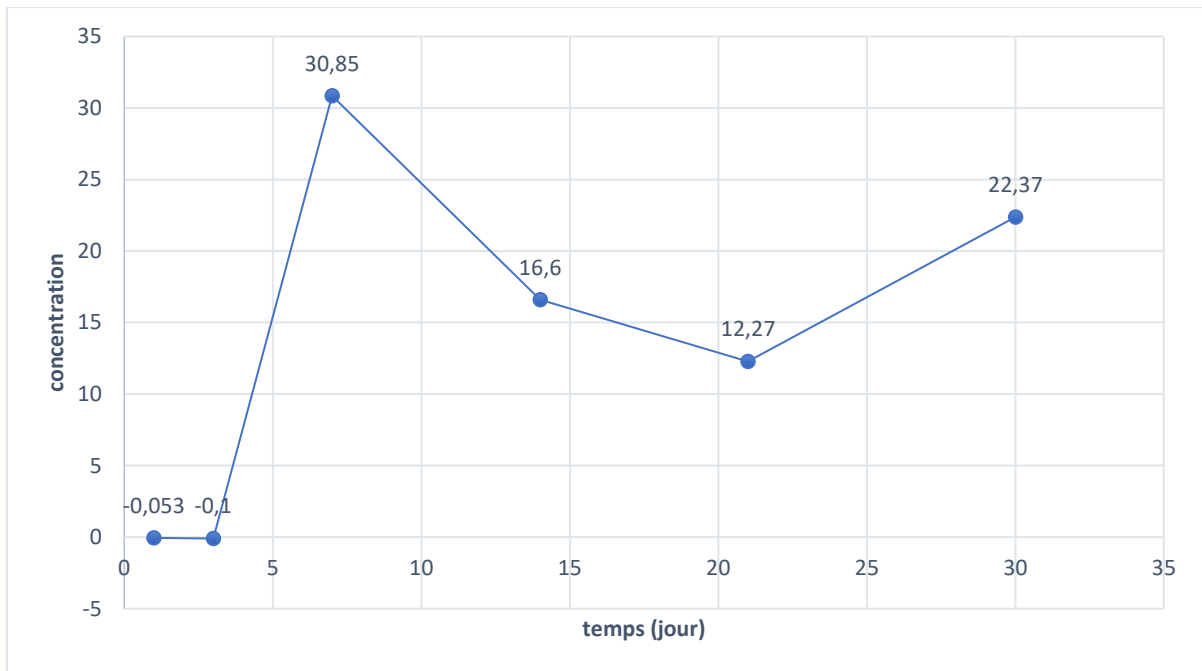


Figure 13 : Courbe de concentration de malathion de l'extérieur.

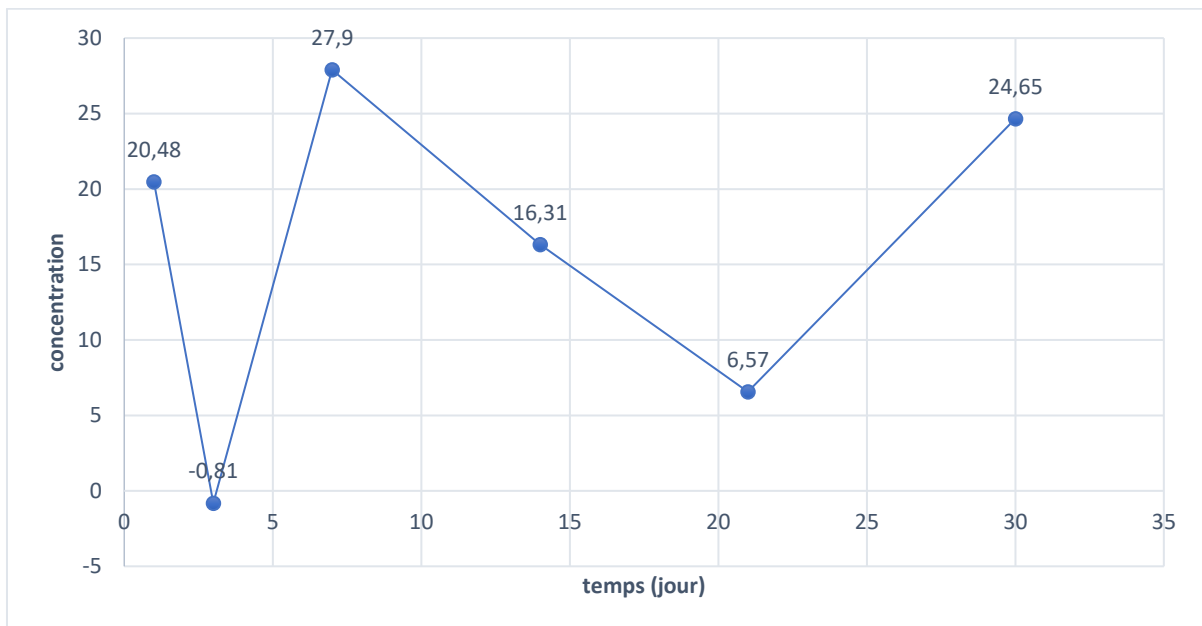


Figure 14 : Courbe de concentration de malathion de l'intérieur.

Les résultats obtenus montrent une évolution de la concentration du pesticide dans le sol en fonction du temps sous différentes conditions de température. Durant les premiers jours de l'expérimentation, les concentrations restent faibles puis augmentent progressivement pour atteindre leur maximum au 7^e jour avec 30,85 en conditions extérieures et 27,90 en conditions intérieures. Cette augmentation initiale peut être expliquée par une meilleure libération du

pesticide dans la matrice du sol ainsi qu'une amélioration de son extraction au cours du temps.

À partir du 7^e jour, une diminution progressive des concentrations est observée dans les deux conditions expérimentales. En conditions extérieures, la concentration passe de 30,85 à 22,37 entre le 7^e et le 30^e jour, tandis qu'en conditions intérieures elle diminue de 27,90 à 24,65. Cette réduction traduit l'activation des mécanismes de dissipation du pesticide dans le sol, notamment la biodégradation microbienne et les processus physicochimiques influencés par la température.

Toutefois, la diminution observée demeure relativement limitée par rapport à la concentration maximale enregistrée au 7^e jour. Après 30 jours d'incubation, plus de 70 % de la concentration maximale est encore présente dans les deux conditions expérimentales. Cette situation met en évidence une forte persistance du pesticide dans le sol et suggère une vitesse de dégradation relativement faible.

Les résultats indiquent également que l'effet de la température sur la dissipation du pesticide reste modéré, les différences entre les conditions extérieures et intérieures étant peu marquées. La présence de quantités importantes du pesticide à la fin de l'expérimentation montre que la molécule possède une stabilité relativement élevée dans le milieu édaphique.

Néanmoins, la persistance de concentrations significatives après 30 jours suggère qu'une fraction importante du pesticide demeure retenue par les particules du sol. Sur la base de l'évolution observée après le pic de concentration, la demi-vie du pesticide peut être estimée à plusieurs dizaines de jours et probablement supérieure à un mois, ce qui permet de le classer parmi les pesticides relativement persistants dans les conditions de cette étude.

Comparaison de la dégradation à différentes températures :

Les résultats obtenus montrent une différence dans la dégradation du pesticide entre les conditions extérieures et intérieures. En conditions extérieures, les concentrations enregistrées présentent une diminution plus rapide au cours du temps comparativement aux conditions intérieures. Cette différence peut être expliquée par l'influence de la température et des facteurs environnementaux associés.

L'augmentation de la température favorise généralement les réactions chimiques et l'activité microbienne du sol, ce qui accélère la dégradation du pesticide. En extérieur, l'exposition à une température plus élevée ainsi qu'aux facteurs climatiques tels que la lumière et les

variations environnementales contribue à une dégradation plus importante. À l'inverse, en intérieur, les conditions plus stables limitent la vitesse de dégradation.

Les résultats obtenus dans la présente étude sont en concordance avec ceux rapportés par **(Brinco, 2025)**, qui ont également observé une diminution progressive de la concentration du pesticide au cours du temps accompagnée d'une persistance notable dans le sol. Cette similitude peut être expliquée par l'intervention de mécanismes de dégradation comparables, notamment l'activité microbienne et les réactions physicochimiques influencées par la température. En effet, l'augmentation de la température favorise généralement les processus de dissipation et de dégradation du pesticide, ce qui se traduit par une réduction progressive de sa concentration dans le sol. Ainsi, les résultats obtenus confirment que la température constitue un facteur déterminant dans le devenir du pesticide et dans la vitesse de sa dégradation au sein du sol.

Conclusion

L'utilisation des pesticides constitue aujourd'hui une pratique incontournable dans les systèmes agricoles modernes en raison de leur efficacité dans la lutte contre les ravageurs, les maladies et les adventices susceptibles d'affecter les rendements agricoles. Cependant, leur utilisation intensive et parfois incontrôlée soulève de nombreuses préoccupations environnementales liées à leur persistance dans les sols, à leur devenir dans les écosystèmes ainsi qu'aux risques qu'ils peuvent engendrer sur les organismes vivants et la qualité des ressources naturelles. C'est dans ce contexte que s'inscrit nous présentons notre étude, dont l'objectif principal était d'évaluer l'effet de la température sur la dégradation de deux pesticides largement utilisés, le Malathion et le Linuron, dans le sol au cours du temps.

Afin d'atteindre cet objectif, un suivi de l'évolution des concentrations de ces deux substances a été réalisé durant une période expérimentale de trente jours sous différentes conditions de température. Cette approche a permis de mieux comprendre le comportement de ces pesticides dans le milieu édaphique et d'apprécier l'influence des conditions thermiques sur leur persistance et leur dissipation.

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations des deux pesticides ont évolué de manière variable au cours du temps. Une augmentation initiale a été observée durant les premiers jours de l'expérimentation, suivie d'une diminution progressive à partir du septième jour. Cette évolution traduit vraisemblablement une phase de mise en disponibilité des molécules dans la matrice du sol avant le déclenchement des mécanismes de dégradation. Par la suite, les concentrations ont diminué progressivement sous l'effet de différents processus de dissipation, notamment la biodégradation microbienne, les réactions chimiques naturelles et les phénomènes physicochimiques influencés par la température.

L'étude a également mis en évidence des différences de comportement entre les deux pesticides étudiés. Le Malathion a présenté une diminution plus importante de sa concentration au cours du temps, traduisant une dégradation relativement plus rapide. À l'inverse, le Linuron a montré une persistance plus élevée dans le sol, avec des concentrations résiduelles encore importantes à la fin de l'expérimentation. Ces observations indiquent que la nature chimique du pesticide constitue un facteur déterminant dans sa vitesse de dégradation et sa capacité à persister dans l'environnement.

Les résultats obtenus confirment par ailleurs le rôle majeur de la température dans le devenir des pesticides. En effet, la température influence directement l'activité biologique du sol ainsi que les réactions physicochimiques responsables de la transformation des molécules

phytosanitaires. Une augmentation de la température favorise généralement les phénomènes de dégradation et accélère la dissipation des pesticides, tandis que des conditions moins favorables peuvent ralentir ces processus et prolonger leur présence dans le milieu. Ainsi, la température apparaît comme un paramètre essentiel à prendre en considération dans l'évaluation du comportement environnemental des pesticides.

Malgré la diminution observée au cours de l'expérimentation, la présence de résidus détectables après trente jours démontre que les deux pesticides possèdent une certaine capacité de persistance dans le sol. Cette persistance représente un enjeu environnemental important, car l'accumulation progressive des résidus peut modifier les propriétés biologiques, chimiques et physiques du sol. Elle peut également affecter les microorganismes responsables de la fertilité des sols et perturber les équilibres écologiques indispensables au bon fonctionnement des agroécosystèmes.

En outre, la présence prolongée de résidus phytosanitaires dans le sol peut favoriser leur transfert vers d'autres compartiments de l'environnement, notamment les eaux superficielles et souterraines, par lessivage ou ruissellement. Cette situation peut constituer une source potentielle de contamination environnementale et représenter un risque pour la qualité des ressources hydriques. De plus, la persistance des pesticides dans les sols agricoles peut entraîner une contamination indirecte des cultures et contribuer à l'exposition des organismes vivants à des concentrations résiduelles parfois significatives.

Les résultats de cette étude soulignent donc la nécessité d'adopter une gestion plus rationnelle des pesticides. L'utilisation de ces produits doit être fondée sur une réelle nécessité agronomique et respecter strictement les doses recommandées par les fabricants ainsi que les périodes d'application préconisées. Le non-respect des bonnes pratiques phytosanitaires peut conduire à une accumulation excessive de résidus dans les sols, augmentant ainsi les risques de pollution et les effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine.

Dans cette perspective, il est fortement recommandé de sensibiliser davantage les agriculteurs aux dangers liés à l'utilisation abusive des pesticides et à l'importance du respect des bonnes pratiques agricoles. Une utilisation raisonnée et maîtrisée de ces substances permet non seulement d'assurer une protection efficace des cultures, mais également de préserver la qualité des sols, de limiter les risques de contamination environnementale et de garantir une production agricole plus durable.

Enfin, les résultats obtenus ouvrent des perspectives intéressantes pour des travaux futurs. Il serait souhaitable d'approfondir l'étude du comportement du Malathion et du Linuron dans différents types de sols et sous diverses conditions climatiques, tout en prenant en compte d'autres facteurs environnementaux tels que l'humidité, le pH, la teneur en matière organique ou encore l'activité biologique du sol. De telles recherches contribueraient à une meilleure compréhension du devenir des pesticides dans l'environnement et à l'élaboration de stratégies de gestion plus respectueuses des écosystèmes et des ressources naturelles.

En définitive, cette étude a permis de confirmer que la température exerce une influence significative sur la dégradation des pesticides dans le sol et que le Malathion et le Linuron présentent des comportements distincts en matière de persistance. Les connaissances acquises constituent une contribution utile à la compréhension des mécanismes régissant le devenir des pesticides dans les sols agricoles et rappellent l'importance d'une utilisation responsable de ces produits afin de concilier productivité agricole, protection de l'environnement et préservation de la santé publique.

Références bibliographiques :

A.N.R.H. (2011). *Données climatiques de la région de Ghardaïa*. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

Aloui, N., Ouled-Haddar, H., Bissati, S., Kraïmat, M., & Omeiri, N. (2020). Pesticide occurrence and distribution in cultivated soils of the arid region of El-Hejera, Ouargla Province and correlation with soil properties. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 12(1), 36.

Andrea, M. M., Peres, T. B., Luchini, L. C., & Pettinelli Jr, A. (2000). Impact of long-term pesticide applications on some soil biological parameters. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 35(3), 297–307.

Ayad-Moukhtari, S. (2012). *Étude de la contamination des sols par les métaux lourds* (Mémoire de magister).

Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E., & Gabrielle, B. (2002). Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: Overview. *Agronomie*, 22(1), 21–33.

Bedoui, T., & Hadji Moussa, W. (2025). *Impact de l'application de biofertilisants sur le développement d'une culture de safran dans la région de Ghardaïa* (Mémoire de master, Université de Ghardaïa).

Benachour, N. (2013). *Étude de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines de la vallée du M'Zab (Ghardaïa)* (Thèse de doctorat/Magister, Université Blida 1).

Ben Salem, A. (2015). *Étude des pesticides et de leur comportement dans l'environnement* (Thèse de doctorat, Université de Tunis).

Bensaha, Z. (2015). *Évaluation hydrochimique des eaux phréatiques de la vallée du M'Zab pour l'aptitude en alimentation potable et en irrigation* (Thèse de doctorat/Magister, Université de Ghardaïa).

Boland, M. J., et al. (2004). Environmental impact of heavy metals in soils. *Environmental Pollution*, 127(1), 1–12.

Bouchareb, R. (2013). *Contribution à l'étude hydrologique et hydrographique de la vallée du M'Zab, Wilaya de Ghardaïa* (Thèse de doctorat/Magister, Université de Ghardaïa).

Bourbia, A. (2013). *Évaluation de la toxicité de mélanges de pesticides sur un bio-indicateur de la pollution des sols Helix aspersa* (Mémoire de doctorat, Université d'Annaba).

Bouziani, M. (2007). *L'usage immodéré des pesticides : De graves conséquences sanitaires*. Santé Maghreb.

Brinco, J. E. R. S. (2025). *Analysis of pesticide residues in soil: New approaches for environmental monitoring* (Doctoral dissertation, NOVA University Lisbon).

- Calvet, R., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P., Charnay, M. P., & Coquet, Y. (2005). *Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales*. Éditions France Agricole.
- Chenini, N. (2013). *Manuscrit non publié*. Algérie.
- De Martonne, E. (1926). *L'indice d'aridité*. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 9, 3–5.
- D.P.S.B. (2020). *Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa*. Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.
- Ecobichon, D. J. (2001). *Pesticide use in developing countries*. *Toxicology*, 160(1–3), 27–33.
- El-Bakouri, H. (2006). *Impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine (Mémoire de master)*.
- Gouda, A. A., Amin, A. S., El-Sheikh, R., & Akl, M. A. (2010). *Sensitive spectrophotometric methods for determination of some organophosphorus pesticides in vegetable samples*. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 16(1), 11–18.
- Jeyaratnam, J. (1990). *Acute pesticide poisoning: A major global health problem*. *World Health Statistics Quarterly*, 43, 139–144.
- Khayoon, W. S. (2017). *Development of dispersive liquid-liquid microextraction method combined with UV spectrophotometry for the determination of malathion pesticide*. *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, 28(2), 93–100.
- Lagreb, A., et al. (2021). *Étude des paramètres climatiques dans la région de Ghardaïa*.
- Litchfield, M. H. (2005). *Estimates of acute pesticide poisoning in agricultural workers in less developed countries*. *Toxicological Reviews*, 24(4), 271–278.
- Loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire. (1987). *Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire*, n° 32.
- Louchahi, K. (2015). *Classification et comportement des pesticides dans l'environnement (Cours universitaire)*.
- Mortensen, D. A. (1986). *Herbicide mechanisms of action*. *Weed Science*, 34, 2–10.
- Osman, K. A., Al-Humaid, A. M., Al-Rehiyani, S. M., & Al-Redhaiman, K. N. (2010). *Référence incomplète*.
- Rahatlfoul, M., & Cherif, I. (2019). *Utilisation et risques des pesticides dans les périmètres de mise en valeur de la wilaya d'Adrar : Cas de la région d'Aougrout (Mémoire de fin d'études)*.
- UIPP. (2009). *L'utilité des produits phytopharmaceutiques*. Union des Industries de la Protection des Plantes.

Zemouli, S. (s.d.). Caractéristiques géotechniques : Chapitre 3 – Caractéristiques physiques du sol (Partie 2) (Cours de Master Géologie).

Zergoun, Y. (2020). Inventaire et bioécologie de quelques orthoptères dans la vallée du M'Zab (Ghardaïa).

Annexes

Annexe 01 : les pesticides utilisés dans notre expérience.





Figure 15 : Pesticides utilisée dans notre expérience.

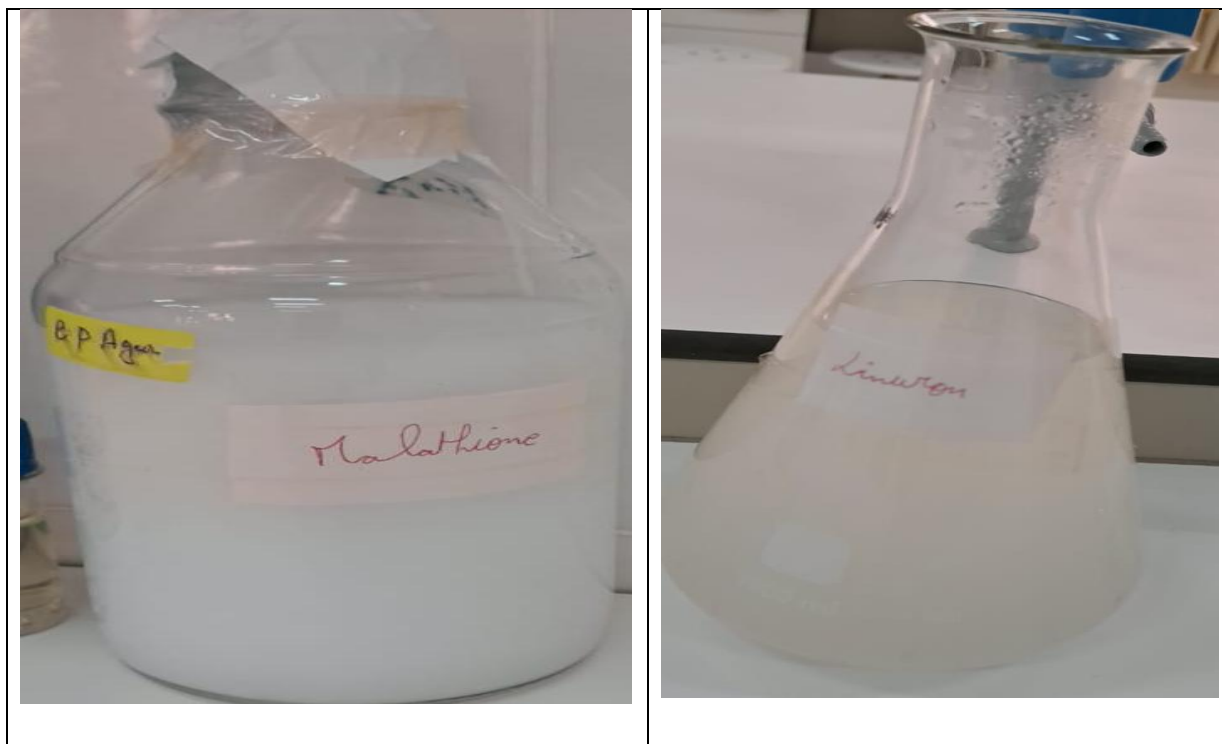


Figure 16 : Solution mère standard de pesticides utilisée dans notre expérience.

Annexe02 : Echelles utilisés à l'interprétation des résultats

Tableau 11 : Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique (AUBERT, 1978).

C.E. (DS/m à 25°C)	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < C.E. \leq 2$	Sol peu salé
$2 < C.E. \leq 2,4$	Sol salé
$2,4 < C.E. \leq 6$	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé

Tableau 12 : Classification des sols suivant leur pH (BOUTMEDJET ,2004).

pH	Nature du sol

>3,5	Hyper acide
3,5 à 5	Très acide
5 à 6,5	Acide
6,5 à 7,5	Neutre
7,5 à 8,5	Basique
8,5	Très basique

Tableau 13 : Classification du Massachusetts Institute Technologie (M.I.T.)

DESIGNATION	DIMENSIONS
SABLE GROS	$2 \text{ mm} > D > 0,6 \text{ mm}$
SABLE MOYEN	$0,6 \text{ mm} > D > 0,2 \text{ mm}$
SABLE FIN	$0,2 \text{ mm} > D > 0,06 \text{ mm}$
LIMON GROSSIER	$0,06 \text{ mm} > D > 20$
LIMON MOYEN	$20 \text{ }\mu\text{m} > D > 6 \text{ }\mu\text{m}$
LIMON FIN	$6 \text{ }\mu\text{m} > D > 2 \text{ }\mu\text{m}$
ARGILE	$2 \text{ }\mu\text{m} > D > 0,6 \text{ }\mu\text{m}$

Tableau 14 : Classification des eaux d'après leur pH (REFEA, 2003).

Acidité forte ; présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles	pH < 5
pH neutre	pH = 7
Neutralité approchée ; majorité des eaux de surface	7 < pH < 8
Majorité des eaux souterraines	5.5 < pH < 8

Tableau 15 : Classification des eaux d'irrigation selon leurs conductivités électriques (DURAND, 1983)

Salinité des eaux	C.E 25C° (µmhos/cm)	Classes
Eau non saline	$C.E < 250$	C1
Eau à salinité moyenne	$250 < C.E < 750$	C2
Eau à forte salinité	$750 < C.E < 2250$	C3
Eau à très forte salinité	$2250 < C.E < 5000$	C4
Eau à salinité excessive	$5000 < C.E < 20\ 000$	C5

Résumé :

Utilisation des produits phytosanitaires dans la région de Ghardaïa

Cette étude s'intéresse aux produits phytosanitaires utilisés dans la région de Ghardaïa, qui se caractérise par une activité agricole dynamique. L'objectif précis est d'évaluer rigoureusement la cinétique de dégradation des pesticides dans le sol en fonction du temps et de la température. La méthodologie repose sur une approche mixte combinant une enquête par questionnaire auprès de la (DSA) et de la direction de l'environnement afin de recenser les produits phytosanitaires utilisés dans la région d'étude, suivie d'une phase expérimentale visant à évaluer la cinétique de dégradation du malathion et du linuron dans un sol agricole prélevé dans la région de Ghardaïa. L'expérimentation a été réalisée selon deux conditions : une exposition directe au soleil et une incubation à l'ombre.

Les résultats montrent une différence notable dans le comportement des deux pesticides selon les conditions d'exposition. Le malathion présente une dégradation plus rapide sous l'effet du rayonnement solaire direct, avec une concentration moyenne résiduelle de 13,68% contre 15,98% à l'ombre. À l'inverse, le linuron présente des concentrations moyennes résiduelles de 72,72 % au soleil et de 39,74% à l'ombre, mettant en évidence l'influence de la nature chimique de chaque pesticide sur sa persistance dans le sol. Ces résultats contribuent à une meilleure compréhension du devenir des pesticides dans les sols agricoles et peuvent servir de base à l'optimisation de leur utilisation tout en limitant les risques de contamination environnementale.

Mots-clés : Sol, pesticides, Dégradation, Malathion, Linuron, Ghardaïa.

Abstract:

Use of Phytosanitary Products in the Ghardaïa Region

This study investigates the phytosanitary products used in the Ghardaïa region, an area characterized by intensive agricultural activity. The main objective is to evaluate the degradation kinetics of pesticides in soil as a function of time and temperature. The methodology adopted is based on a mixed approach combining data collection from the Directorate of Agricultural Services (DSA) and the Directorate of Environment to identify the phytosanitary products commonly used in the study area, followed by an experimental investigation of the degradation kinetics of two major pesticides, namely malathion and linuron, in agricultural soil collected from the Ghardaïa region. The experiment was conducted under two exposure conditions: direct solar radiation and shaded conditions.

The results revealed significant differences in the degradation behavior of the two pesticides. Malathion exhibited a faster degradation rate under direct solar radiation, with an average residual concentration of 13,68% compared with 15.98 % under shaded conditions. In contrast, linuron showed average residual concentrations of 72,72% under direct solar radiation and 39,74% under shaded conditions, highlighting the influence of the chemical properties of each pesticide on its persistence in soil. These findings contribute to a better understanding of pesticide fate in agricultural soils and provide a scientific basis for optimizing pesticide management practices while reducing the risk of environmental contamination.

Keywords : Soil, pesticides, Degradation, Malathion, Linuron, Ghardaïa.

ملخص:

استخدام المبيدات في منطقة غرداية

تتناول هذه الدراسة منتجات وقاية النباتات المستخدمة في منطقة غرداية، التي تتميز بنشاط زراعي مكثف. ويتمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تقييم حركية تحلل المبيدات في التربة تبعاً للزمن ودرجة الحرارة. واعتمدت الدراسة منهجية تجمع بين العمل الميداني والتجريبي، حيث تم جمع البيانات من مديرية المصالح الفلاحية ومديرية البيئة من أجل حصر منتجات وقاية النباتات الأكثر استعمالاً في منطقة الدراسة، تلتها مرحلة تجريبية هدفت إلى دراسة حركية تحلل مبيدين رئيسيين هما الملاثيون واللينورون في تربة زراعية مأخوذة من منطقة غرداية. وقد أجريت التجربة تحت شرطين مختلفين: التعرض المباشر للإشعاع الشمسي والحفظ في الظل.

أظهرت النتائج وجود فروق ملحوظة في سلوك تحلل المبيدين تبعاً لظروف التعرض. فقد سجل الملاثيون معدل تحلل أسرع تحت تأثير الإشعاع الشمسي المباشر، بمتوسط تركيز متبق قدره 13,68% مقارنة بـ 15,98% في ظروف الظل. في المقابل، سجل اللينورون متوسطات تراكيز متبقية بلغت 72,72% تحت التعرض المباشر للإشعاع الشمسي و39,74% في الظل، مما يبرز تأثير الخصائص الكيميائية لكل مبيد على درجة ثباته واستمراره في التربة. وتساهم هذه النتائج في تحسين فهم مصير المبيدات في التربة الزراعية، كما توفر أساساً علمياً لترشيد استعمالها والحد من مخاطر التلوث البيئي.

الكلمات المفتاحية: التربة، المبيدات، التحلل، الملاثيون، اللينورون، غرداية.

Faculté des sciences de la nature et
de la vie et sciences de la terre

Département de Biologie

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa



كلية علوم الطبيعة والحياة
وعلوم الأرض

قسم البيولوجيا

Ghardaïa le ... 09/07/2026...

Rapport : Correction du mémoire

Enseignantes Chargées de la correction :

Nom et prénom l'examineur 1 et Signature	Nom et prénom de l'examineur 2 et Signature	Nom et prénom de président et Signature
BENHEDID Hadjira 	/	Oulad Sleddar  Moxiem

Thème :

UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LA REGION DE

GHARDAIA.

Après les corrections apportées au mémoire, les étudiantes :

- BOUNADJI Fadila
- OULAD YAHIA Imane

Sont autorisées à déposer le manuscrit au niveau du département.

Signature

