



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des sciences naturelles et de la vie

قسم البيولوجيا

Département de biologie



MÉMOIRE

Soumis pour l'obtention du Master 2 LMD

Sciences biologiques

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

THEME

Évaluation comparative du potentiel allélopathique de
Azadirachta indica et *Leucaena leucocephala* : synthèse
bibliographique des effets sur les mauvaises herbes et
perspectives en bioherbicides

Présenté par :

HOMMADI Manel

TRILLI Rihab

Membres du jury :

Président Dr. Zeid Alia

Université d'El-Oued

Superviseur Dr. KHECHKHOUCHE El Amine

Université d'El-Oued

Examineur Dr. Bachir Khezzani

Université d'El-Oued

Années universitaires : 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avant tout à moi-même, pour tous les efforts, la persévérance et les sacrifices consentis tout au long de ce parcours académique.

À ma très chère mère, source inépuisable d'amour, de tendresse et de soutien. Merci pour tes prières, tes encouragements et ta confiance qui m'ont toujours donné la force d'avancer.

À mon cher père, pour ses sacrifices, ses conseils précieux et son soutien constant. Que ce travail soit le témoignage de ma profonde gratitude et de mon immense respect.

À mes frères et sœurs, pour leur affection, leur présence et les moments de joie partagés. Merci d'avoir toujours cru en moi.

À toute ma famille, proches et amis, qui m'ont accompagné de près ou de loin et qui ont contribué, chacun à sa manière, à la réalisation de ce travail.

À mon encadreur, **Dr. KHECHKHOUCHE El Amine**, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, son accompagnement scientifique et ses précieux encouragements tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je lui exprime ma profonde gratitude et mon sincère respect.

À mes enseignants et à toutes les personnes qui ont participé à ma formation et enrichi mon parcours par leurs connaissances et leur dévouement.

À tous ceux qui ont partagé ma joie, m'ont soutenu dans les moments difficiles et ont célébré avec moi chaque étape de cette réussite.

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont aidé, soutenu ou inspiré de près ou de loin, je dédie ce travail avec reconnaissance et gratitude.

Merci à tous..

✍ **Manel**

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents.

À ma mère, symbole d'amour, de tendresse et de dévouement, qui n'a jamais cessé de me soutenir par ses prières, ses encouragements et ses sacrifices. Que Dieu la protège et lui accorde santé et bonheur.

À mon père, pour tous les efforts qu'il a consentis afin de me permettre d'atteindre ce jour. Merci pour ton soutien, tes conseils et les valeurs que tu m'as transmises.

À mes frères et sœurs, pour leur affection, leur présence et leur soutien tout au long de mon parcours.

À toute ma famille, qui m'a toujours entouré(e) d'amour, d'encouragements et de confiance.

À mon encadreur, **Dr. KHECHKHOUCHE El Amine**, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses précieux conseils et son soutien scientifique tout au long de la réalisation de ce mémoire. Je lui exprime ma profonde reconnaissance et mon grand respect.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite et qui ont partagé avec moi les joies et les difficultés de ce parcours.

Je dédie ce travail avec gratitude, respect et affection.

Merci à tous.

✍ **Rihab**

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, **Dr. KHECHKHOUCHE El Amine**, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son accompagnement scientifique, sa rigueur et ses encouragements tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations et ses remarques constructives ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous adressons également nos remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire et de consacrer une partie de leur temps à son examen.

Nos remerciements s'étendent à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation universitaire et nous ont transmis leurs connaissances et leur expérience.

Nous exprimons notre reconnaissance à tout le personnel administratif et technique qui nous a apporté son aide durant notre parcours académique.

Nous adressons enfin nos plus sincères remerciements à nos parents, nos frères et sœurs, ainsi qu'à tous les membres de notre famille pour leur soutien moral, leur confiance et leurs encouragements constants.

Nous n'oublions pas nos amis, collègues et toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

À tous, nous exprimons notre profonde gratitude et notre respect.

Merci.

Résumé de l'étude

L'allélopathie est un mécanisme écologique par lequel certaines plantes libèrent des composés bioactifs influençant la germination et la croissance d'autres espèces végétales. Ce mémoire présente une étude comparative du potentiel allélopathique de *Azadirachta indica* (neem) et *Leucaena leucocephala*, à travers une synthèse bibliographique de leurs effets sur les mauvaises herbes. L'objectif est d'analyser leurs mécanismes d'action, leurs impacts écologiques et leur intérêt dans la gestion durable des adventices.

Le travail est structuré en trois chapitres : le premier traite des concepts fondamentaux de l'allélopathie et de son importance agronomique ; le deuxième présente les caractéristiques botaniques, écologiques et agronomiques des deux espèces ; le troisième est consacré à une revue de la littérature et à une analyse comparative de leurs propriétés allélopathiques.

Les études examinées montrent que *L. leucocephala* possède un fort potentiel allélopathique grâce à la présence de mimosine et de composés phénoliques, capables d'inhiber la germination et la croissance de nombreuses adventices. De son côté, *A. indica* manifeste également une activité allélopathique importante, principalement liée à l'azadirachtine, avec des effets inhibiteurs sur plusieurs mauvaises herbes ainsi que des propriétés antifongiques et antibactériennes.

L'analyse comparative révèle que *A. indica* présente un intérêt particulier pour l'agriculture durable grâce à ses propriétés bioherbicides et antimicrobiennes, tandis que *L. leucocephala* combine une forte activité inhibitrice à un caractère invasif pouvant affecter les écosystèmes. Malgré leur potentiel comme sources naturelles d'herbicides, des recherches complémentaires demeurent nécessaires afin de mieux comprendre leurs mécanismes d'action et d'optimiser leur utilisation dans des systèmes agricoles respectueux de l'environnement.

Mots-clés : Allélopathie ; *Azadirachta indica* ; *Leucaena leucocephala* ; bioherbicides ; mauvaises herbes ; agriculture durable.

تُعد الأليلوباثية (التضاد الحيوي النباتي) آلية بيئية تقوم من خلالها بعض النباتات بإفراز مركبات حيوية نشطة تؤثر في إنبات ونمو الأنواع النباتية الأخرى. تتناول هذه المذكرة دراسة مقارنة لإمكانات الأليلوباثية لكل من *Azadirachta indica* (النيم) و *Leucaena leucocephala* من خلال مراجعة بليوغرافية لتأثيراتهما على الأعشاب الضارة. ويهدف العمل إلى تحليل آليات تأثيرهما، وانعكاساتهما البيئية، وإمكاناتهما في الإدارة المستدامة للأعشاب الضارة.

يتكون البحث من ثلاثة فصول؛ يتناول الفصل الأول المفاهيم الأساسية للأليلوباثية وأهميتها الزراعية، بينما يعرض الفصل الثاني الخصائص النباتية والبيئية والزراعية للنوعين المدروسين. أما الفصل الثالث فيتضمن مراجعة للدراسات المنشورة وتحليلاً مقارناً لخصائصهما الأليلوباثية.

أظهرت الدراسات المستعرضة أن *Leucaena leucocephala* تمتلك قدرة أليلوباثية عالية بفضل احتوائها على مركب الميموزين وعدد من المركبات الفينولية القادرة على تثبيط إنبات ونمو العديد من الأعشاب الضارة. كما أظهرت *Azadirachta indica* نشاطاً أليلوباثياً مهماً يُعزى أساساً إلى مركب الأزاديراختين، حيث تمتلك تأثيرات مثبطة على عدة أنواع من الأعشاب الضارة إضافة إلى خصائصها المضادة للفطريات والبكتيريا.

وأبرز التحليل المقارن أن *Azadirachta indica* تتميز بإمكانات واعدة في مجال الزراعة المستدامة بفضل خصائصها كمبيد حيوي للأعشاب ومضاد للميكروبات، في حين تجمع *Leucaena leucocephala* بين التأثيرات التثبيطية القوية والطابع الاجتياحي الذي قد يؤثر في النظم البيئية. وعلى الرغم من أن النوعين يمثلان مصادر طبيعية واعدة للمبيدات الحيوية، فإن الحاجة لا تزال قائمة لإجراء المزيد من الدراسات لفهم آليات عملهما بصورة أفضل وتحسين استخدامهما ضمن أنظمة زراعية أكثر احتراماً للبيئة.

الكلمات المفتاحية: الأليلوباثية؛ النيم (*Azadirachta indica*) ؛ *Leucaena leucocephala*؛

المبيدات الحيوية للأعشاب؛ الأعشاب الضارة؛ الزراعة المستدامة.

Content

Content	
Dédicace.....	I
Dédicace.....	II
Remerciements.....	III
Résumé de l'étude	IV
Table de matière	VI
Content	VII
Liste des figures	X
Liste des Tableaux.....	XI
Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Généralités sur l'allélopathie : concepts, mécanismes d'action et importance agronomique.	
1.Généralités sur l'allélopathie	4
1.1 Définition de l'allélopathie	4
1.2 Historique de l'allélopathie	4
1.3 Mécanismes d'action de l'allélopathie.....	5
1.3.1 Généralités sur les allélocomposés	5
1.3.2 Origine, stockage et modes de libération des allélocomposés	6
1.3.3 Facteurs influençant l'activité allélopathique.....	6
1.3.4 Modes d'action physiologiques des allélocomposés	7
1.3.5 Définition des composés allélochimiques	9
1.3.6 Mécanismes affectés par l'allélopathie.....	9
1.4 Modes d'émission des composés allélopathiques.....	10
1.5 Facteurs influençant la production et l'activité des composés allélochimiques ..	12
1.5.1 Rôle des micro-organismes du sol.....	12
1.5.2 Influence des facteurs environnementaux	12
1.5.3 Absorption et transfert des allélocomposés	12
1.5.4 Variabilité selon les organes et les espèces	13
1.5.5 Influence des propriétés du sol	13
1.5.6 Effet des pratiques culturales et des résidus végétaux.....	13
1.5.7 Interaction entre facteurs génétiques et environnementaux	14
1.6 Influence des stress environnementaux sur la synthèse des composés allélochimiques:	14
1.7 Rôle de l'allélopathie dans la lutte contre les mauvaises herbes et la protection des cultures:	14

Chapitre 2: Présentation de *Azadirachta indica* et *Leucaena leucocephala*

2.L’arbre de neem (<i>Azadirachta indica</i>)	17
2.1 Informations générales sur le neem (<i>Azadirachta indica</i>):	17
2.1.1 Dénomination	18
2.1.2 Classification botanique du neem (<i>Azadirachta indica</i>):	19
2.1.3 Description botanique du neem (<i>Azadirachta indica</i>):	19
2.1.4 Le domaine géographique du neem (<i>Azadirachta indica</i>):	20
2.1.5 Toxicité du neem (<i>Azadirachta indica</i>) dans l’organisme vivant :	20
2.1.6 Sécurité, toxicité et restrictions liées à l’utilisation du neem (<i>Azadirachta indica</i>):	21
2.1.7 Bienfaits et utilisations du neem (<i>Azadirachta indica</i>):	21
2.1.8 Précautions d’utilisation et effets secondaires du margousier (<i>Azadirachta indica</i>)	23
2.2 L’arbre de Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	25
2.2.1 Description botanique générale:	25
2.2.2 Description morphologique et florale	25
2.2.3 Classification scientifique	25
2.2.4 Distribution géographique	26
2.2.5 Composition chimique	26
2.2.6 Utilisations	26

Chapitre 3: Evaluation de Potentiel allélopathique de *Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala* (Synthèse bibliographique comparative des effets allélopathiques)

3.1 Potentiel allélopathique de <i>Azadirachta indica</i> sur les mauvaises herbes: une revue systématique de la littérature	28
3.1.1 Méthodologie	30
3.1.1.1 Protocole de revue	30
3.1.1.2 Cadre analytique pour la catégorisation thématique	30
3.1.1.3 Critères d’inclusion et d’exclusion	31
3.1.1.4 Processus de sélection des études	31
3.1.1.5 Research Trends	32
3.1.1.6 Allelopathic Potential of <i>Leucaena leucocephala</i> on Crop Germination and Growth	33
3.1.1.7 Allelopathic Effects of <i>Leucaena leucocephala</i> on Weed Species and Native Flora:	35

3.1.1.8 Propriétés allélopathiques des espèces arborées et agroforestières pour une gestion durable.....	44
3.1.1.9 Application de l'allélopathie dans la gestion durable des adventices et le développement de bioherbicides	52
3.1.1.10 Impacts écologiques des invasions végétales et interactions communautaires.....	55
3.1.2 Discussion.....	57
3.2 Potentiel allélopathique de <i>Leucaena leucocephala</i> sur les mauvaises herbes : une revue systématique de la littérature	61
3.2.1 Méthodologie.....	62
3.2.1.1 Protocole de revue	62
3.2.1.2 Cadre analytique pour la synthèse thématique (résumé)	63
3.2.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion (résumé).....	64
3.2.1.4 Processus de sélection des études (résumé).....	64
3.2.2 Résultats – 3.1 Tendances de recherche (résumé).....	67
3.2 Variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits (résumé).....	69
3.3 Effets allélopathiques sur la germination et la croissance des plantules des cultures (résumé).....	71
3.4 Potentiel bioherbicide contre les adventices et les espèces invasives (résumé)	77
3.5 Activités antimicrobiennes et antifongiques contre les phytopathogènes	82
3.2.3 Discussion.....	86
3.3 Synthèse bibliographique comparative des effets allélopathiques : <i>Azadirachta indica</i> vs <i>Leucaena leucocephala</i>	90
3.1 Méthodologie.....	91
3.1.1 Protocole de revue	91
3.1.2 Dimensions de la recherche	92
3.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion	92
3.1.4 Processus de sélection des études.....	92
3.1.5 Effets allélopathiques des extraits végétaux.....	95
3.1.6 Impact des espèces végétales envahissantes sur les écosystèmes	96
3.1.7 Diversité végétale et analyse des écosystèmes	98
3.2 Discussion.....	101
Conclusion générale.....	106
Références	108

Liste des figures

Figure I-1: Diagrammatic illustration of the mechanism of action of allelochemicals which can influence receptor plants harmfully or beneficially.....	9
Figure I-2: Schéma des mécanismes de libération et de transfert des composés allélochimiques dans l'environnement.	11
Figure II-1: L'arbre de neem (<i>Azadirachta indica</i>).	18
Figure II-2: L'arbre de Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	25
Figure III-1: Diagramme PRISMA illustrant le processus de sélection des études incluses dans la revue systématique.....	31
Figure III-2: PRISMA flowchart illustrating the study selection process for the systematic review on the allelopathic potential of <i>Azadirachta indica</i>	66
Figure III-3: Temporal distribution of publications on the allelopathic potential of <i>Azadirachta indica</i> from including studies published before 2016. 2016 to 2025	68
Figure III-4: Diagramme de flux PRISMA du processus de sélection des études.	93
Figure III-5: Tendances de recherche dans le domaine des effets allélopathiques d' <i>Azadirachta indica</i> et de <i>Leucaena leucocephala</i> : synthèse bibliographique comparative.	94

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Classification taxonomique de l'espèce <i>Azadirachta indica</i> (Neem indien) ...	19
Tableau II.2 : Classification scientifique de <i>Leucaena leucocephala</i>	26
Tableau III-1: Résumé des effets allélopathiques de <i>Leucaena leucocephala</i> sur la germination et la croissance des cultures.....	34
Tableau III-2: Résumé des effets allélopathiques de <i>Leucaena leucocephala</i> sur les mauvaises herbes et la flore indigène.....	36
Tableau III-3: des Composés Allélochimiques	38
Tableau III-4: Résumé des interactions allélopathiques d'autres espèces de mauvaises herbes envahissantes et nuisibles	41
Tableau III-5: Résumé des propriétés allélopathiques des espèces d'arbres et d'agroforesterie pour une gestion durable.....	47
Tableau III-6: Résumé des études sur l'application de l'allélopathie dans la gestion durable des mauvaises herbes et le développement de bioherbicides.	54
Tableau III-7: Résumé des variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits à travers les études incluses sur le potentiel allélopathique d' <i>Azadirachta indica</i>	70
Tableau III-8: Résumé des effets allélopathiques des extraits d' <i>Azadirachta indica</i> sur la germination et la croissance des plantules de diverses espèces cultivées.	73
Tableau III-9: Résumé des effets allélopathiques d' <i>Azadirachta indica</i> sur la germination et la croissance des adventices et des espèces envahissantes.....	80
Tableau III-10: Résumé des activités antimicrobiennes et antifongiques des extraits d' <i>Azadirachta indica</i> contre les agents pathogènes des plantes.....	84
Tableau III-11: Analyse comparative des effets allélopathiques de certaines espèces végétales	95
Tableau III-12: Classification hiérarchique des impacts des espèces envahissantes.....	96
Tableau III-13: Analyse comparative de la diversité végétale et des impacts sur les écosystèmes	99

Introduction générale



Introduction générale

L'agriculture moderne fait face à des défis majeurs liés aux mauvaises herbes, à la perte de biodiversité et à l'usage excessif des herbicides chimiques, ce qui entraîne des impacts environnementaux importants et pousse vers la recherche de solutions durables comme l'allélopathie.

L'allélopathie est un phénomène biologique par lequel les plantes libèrent des composés chimiques influençant la germination et la croissance d'autres espèces, jouant un rôle clé dans les interactions végétales et pouvant être utilisé pour réduire la dépendance aux herbicides.

Parmi les espèces étudiées, *Azadirachta indica* (neem) et *Leucaena leucocephala* présentent un fort potentiel allélopathique, mais avec des effets écologiques différents selon leur nature et leur usage.

Le neem est riche en composés bioactifs qui inhibent la croissance des adventices et possède des propriétés médicinales et antimicrobiennes, ce qui en fait une source prometteuse de bioherbicides naturels.

À l'inverse, *Leucaena leucocephala* est une espèce utile pour l'amélioration des sols et la production de biomasse, mais elle peut devenir invasive et perturber les écosystèmes en inhibant la croissance d'autres plantes.

Son caractère invasif est lié à ses composés allélopathiques, notamment la mimosine, qui affectent les processus physiologiques des plantes et réduisent la biodiversité.

Les différences entre ces deux espèces justifient une étude comparative pour mieux comprendre leurs effets écologiques et leurs applications en agriculture durable, car les recherches actuelles restent encore limitées et souvent non comparatives.

Plusieurs lacunes scientifiques persistent, notamment sur les effets en conditions naturelles et l'influence des facteurs environnementaux sur l'efficacité des composés allélopathiques, ce qui limite la compréhension globale du phénomène.

Dans ce contexte, ce mémoire vise à analyser et comparer le potentiel allélopathique de ces deux espèces à travers une revue bibliographique, en étudiant leurs composés, leurs effets sur les adventices et leurs impacts écologiques.



Enfin, le travail est structuré en trois chapitres portant respectivement sur l'allélopathie, la présentation des deux espèces, puis leur évaluation comparative et leurs perspectives d'application en agriculture durable.

***Chapitre 1: Généralités sur l'allélopathie :
concepts, mécanismes d'action et importance
agronomique.***



1. Généralités sur l'allélopathie

L'allélopathie désigne l'ensemble des interactions chimiques par lesquelles certaines plantes libèrent des substances organiques capables d'influencer, voire d'inhiber, la croissance et le développement d'autres végétaux (Parry, 1982). Ces composés, appelés allélocomiques (ou allelochemicals en anglais), appartiennent majoritairement à la catégorie des métabolites secondaires, issus de dérivés des principales voies métaboliques de la plante.

Leur rôle exact dans le métabolisme végétal demeure souvent mal élucidé. Toutefois, plusieurs allélocomiques ont été identifiés comme jouant des fonctions spécifiques : certains interviennent dans la structuration cellulaire (par exemple en tant qu'intermédiaires de la lignification), tandis que d'autres participent à la défense des plantes contre les herbivores et divers agents pathogènes (Corcuera, 1993 ; Niemeyer, 1988).

Ainsi, l'étude des allélocomiques met en évidence la double dimension de ces substances : d'une part, leur rôle écologique dans les interactions interspécifiques, et d'autre part, leur importance physiologique dans la protection et la survie des plantes.

1.1 Définition de l'allélopathie

L'allélopathie désigne une interaction biologique interspécifique impliquant principalement les plantes, mais également les micro-organismes. Le terme a été introduit pour la première fois par Hans Molisch en 1937. Par la suite, Elroy L. Rice (1984) l'a définie comme l'ensemble des effets directs ou indirects, positifs ou négatifs, qu'un organisme végétal — incluant les micro-organismes — exerce sur un autre, notamment via des substances chimiques influençant sa croissance et son développement.

Cette définition permet de distinguer clairement l'allélopathie d'autres types d'interactions biologiques tels que le parasitisme, la symbiose ou encore la compétition (Chiapusio *et al.*, 1997). En 1996, la International Allelopathy Society (IAS) a proposé une définition élargie, selon laquelle l'allélopathie correspond à un processus impliquant des effets bénéfiques ou néfastes résultant de la libération de métabolites secondaires produits par les plantes, les micro-organismes, les virus et les champignons, et affectant la croissance et le développement d'autres organismes végétaux (Torres *et al.*, 1996).

1.2 Historique de l'allélopathie

Les phénomènes allélopathiques sont connus depuis plus de 2000 ans, et leur compréhension actuelle est le fruit de nombreuses recherches scientifiques (Weston, 2005).



Les premières observations remontent à Théophraste (vers 300 av. J.-C.), considéré comme le père de la botanique, qui avait déjà noté que certaines plantes, comme le pois chiche, pouvaient appauvrir le sol et inhiber la croissance d'autres espèces. Il a également décrit l'effet inhibiteur du chou sur la vigne, probablement lié à des composés volatils.

Par ailleurs, Caton l'Ancien (234–140 av. J.-C.) a mentionné que certaines cultures, telles que le pois chiche et l'orge, pouvaient « épuiser » ou « brûler » les sols, et a signalé les effets toxiques du noyer sur les plantes voisines (Zeng *et al.*, 2008).

L'évolution des connaissances en allélopathie peut être subdivisée en trois grandes phases (Singh *et al.*, 2001) :

- **Phase de De Candolle (1785–1845)** : marquée par les premières interprétations scientifiques des interactions chimiques entre plantes.
- **Phase préparatoire (1900–1920)** : caractérisée par les travaux expérimentaux de Pickering et Schreiner sur les substances phytotoxiques.
- **Phase post-Molisch (après 1937)** : période de formalisation du concept d'allélopathie et de développement des recherches, notamment avec les contributions majeures de Rice (1984).

1.3 Mécanismes d'action de l'allélopathie

1.3.1 Généralités sur les allélocomposés

Les substances chimiques libérées par les plantes et responsables des effets allélopathiques sont appelées allélocomposés (allelochemicals). La majorité de ces molécules appartient aux métabolites secondaires, issus principalement de la voie de l'acétate ou de la voie de l'acide shikimique.

Ces composés présentent une grande diversité structurale, allant de simples hydrocarbures à des molécules aromatiques polycycliques complexes. Parmi les principales classes impliquées figurent les phénols, les tanins, les flavonoïdes, les terpènes, les alcaloïdes, les stéroïdes, les quinones et les glycosides (Corcuera, 1993 ; Niemeyer, 1998 ; Inderjit et Malik, 2002). En réalité, la quasi-totalité des classes de métabolites secondaires végétaux peut intervenir dans les interactions allélopathiques (Weston et Duke, 2003).

Le terme « allélocomposé » renvoie davantage à une fonction écologique qu'à une nature chimique spécifique. En effet, une même molécule peut agir comme allélocomposé dans certaines conditions environnementales ou biologiques, tout en remplissant d'autres fonctions physiologiques dans d'autres contextes (Inderjit et Duke, 2003).



On recense des centaines de métabolites secondaires dans le règne végétal, dont un grand nombre présente des propriétés phytotoxiques (Einhellig, 2002). Toutefois, pour que l'effet allélopathique se manifeste, ces substances doivent être libérées et transférées d'un organisme à un autre (Einhellig, 1995a). Une fois dans le milieu, leur activité est fortement modulée par des facteurs biotiques (micro-organismes, interactions biologiques) et abiotiques (pH, humidité, température, texture du sol) (Kobayashi, 2004).

Certains allélocomposés, notamment les composés hydrosolubles, peuvent être lessivés des organes aériens par la pluie, la rosée, le brouillard ou la condensation (Qasem, 1994).

1.3.2 Origine, stockage et modes de libération des allélocomposés

Les allélocomposés peuvent être produits par différentes parties de la plante : racines, rhizomes, tiges, feuilles, fleurs, inflorescences, fruits et graines (Rice, 1974). Ils sont synthétisés aussi bien dans les organes aériens que souterrains, ce qui explique la diversité des effets allélopathiques observés dans les écosystèmes.

Chez les plantes dites « donneuses », ces composés sont généralement stockés sous des formes inactives ou peu toxiques, telles que :

- des glycosides hydrosolubles,
- des polymères (tanins, lignines),
- ou des sels.

Leur activation et leur libération peuvent résulter de processus enzymatiques ou être déclenchées par des stress environnementaux (Putnam et Duke, 1978 ; Einhellig, 1985a; Weston, 1996).

Chez les plantes supérieures, plusieurs mécanismes de libération ont été identifiés:

Volatilisation : particulièrement importante en milieux arides et semi-arides;

Lessivage : par la pluie, la rosée ou l'irrigation, affectant les feuilles et les tiges;

Exsudation racinaire : par diffusion, transport actif ou via des canaux membranaires;

Décomposition de la matière organique : sous l'action des micro-organismes du sol.

Une fois libérés, ces composés peuvent être transportés dans l'environnement par l'eau ou le vent (Lovett et Ryuntyu, 1992 ; Rizvi, 1992 ; Inderjit et Keating, 1999).

1.3.3 Facteurs influençant l'activité allélopathique

La concentration des allélocomposés dans la plante productrice varie en fonction du temps, du stade de développement et du type de tissu. Par exemple, les lixivats issus des feuilles



et de la litière d'Eucalyptus sont souvent plus phytotoxiques que ceux provenant de l'écorce pour certaines cultures (Rizvi *et al.*, 1999).

Ces composés sont généralement stockés dans les vacuoles afin de limiter leur toxicité pour la plante productrice, mais peuvent être libérés dans le milieu extérieur par exsudation ou lessivage (Rice, 1984 ; Hall et Henderlong, 1989).

Les effets allélopathiques peuvent être:
autoinhibiteurs (agissant sur la plante elle-même),
ou hétéroinhibiteurs (agissant sur d'autres espèces) (Kumari et Kohli, 1987).

Certaines substances présentent une sélectivité spécifique vis-à-vis des espèces cibles (Sahid et Sugau, 1993). Leur effet dépend fortement de leur concentration : à faible dose, certains composés peuvent stimuler la croissance, tandis qu'à forte dose, ils deviennent inhibiteurs (Qasem, 1993).

Par ailleurs, l'intensité des effets phytotoxiques dépend également de la densité des plantes. À faible densité, l'effet allélopathique peut être prédominant, tandis qu'à forte densité, les effets liés à la compétition pour les ressources (eau, nutriments, lumière) deviennent plus importants (Weidenhamer *et al.*, 1989).

1.3.4 Modes d'action physiologiques des allélocomposés

Les allélocomposés agissent sur les plantes réceptrices à différents niveaux d'organisation biologique, en perturbant des processus physiologiques et biochimiques essentiels. Ces effets peuvent être directs ou indirects, et varient selon la nature du composé, sa concentration et la sensibilité de l'espèce cible. (Qasem, 1993).

a. Effets sur la germination des graines

Les allélocomposés peuvent inhiber ou retarder la germination en affectant plusieurs mécanismes clés :

- altération de la perméabilité des membranes, limitant l'imbibition de l'eau ;
- inhibition de l'activité enzymatique impliquée dans la mobilisation des réserves (amylases, protéases) ;
- perturbation de l'équilibre hormonal, notamment entre les gibbérellines et l'acide abscissique.

Ces effets se traduisent par une réduction du taux et de la vitesse de germination.

b. Effets sur la croissance et le développement

Les substances allélopathiques peuvent affecter la division et l'élongation cellulaires, entraînant: (Weidenhamer *et al.*, 1989).



- une réduction de la croissance racinaire et caulinaires ;
- des anomalies morphologiques (racines courtes, épaissies ou nécrosées) ;
- une diminution de la biomasse globale.

Les racines sont généralement plus sensibles que les parties aériennes en raison de leur contact direct avec les allélocomposés présents dans le sol.

c. Effets sur la photosynthèse

Les allélocomposés peuvent perturber le fonctionnement du système photosynthétique en :

- inhibant la synthèse de la chlorophylle ;
- altérant les photosystèmes I et II ;
- réduisant l'efficacité de la chaîne de transport des électrons.

Ces perturbations entraînent une diminution de l'assimilation du CO₂ et, par conséquent, une baisse de la production de biomasse. (Rizvi *et al.*, 1999).

d. Effets sur les systèmes enzymatiques et le métabolisme

De nombreux allélocomposés interfèrent avec l'activité enzymatique en :

- inhibant des enzymes clés du métabolisme primaire (respiration, synthèse des protéines, métabolisme des glucides) ;
- induisant un stress oxydatif via la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) ;
- modifiant l'activité des enzymes antioxydantes (catalase, peroxydase, superoxyde dismutase).

Ces perturbations entraînent un déséquilibre métabolique pouvant conduire à des dommages cellulaires.

e. Effets sur les membranes et la perméabilité cellulaire

Les allélocomposés peuvent altérer l'intégrité des membranes biologiques en modifiant leur structure lipidique, ce qui provoque :

- des fuites d'ions et de métabolites ;
- une perte de compartimentation cellulaire ;
- une perturbation des gradients électrochimiques. (Sahid et Sugau, 1993).

f. Effets sur l'absorption des nutriments et de l'eau

Certains composés allélopathiques interfèrent avec les mécanismes d'absorption racinaire, réduisant l'acquisition des éléments minéraux essentiels (azote, phosphore, potassium) ainsi que de l'eau, ce qui accentue le stress physiologique de la plante cible. (Hall et Henderlong, 1989).

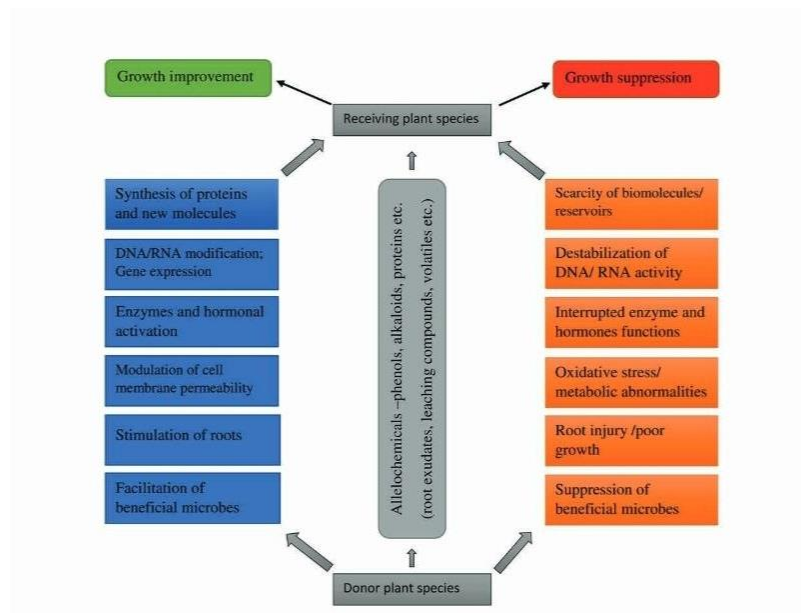


Figure I-1: Diagrammatic illustration of the mechanism of action of allelochemicals which can influence receptor plants harmfully or beneficially. (Hall et Henderlong, 1989).

1.3.5 Définition des composés allélochimiques

Un composé allélochimique (allélocomposé) est un métabolite secondaire bioactif, généralement dépourvu de fonction directe dans le métabolisme primaire, mais capable d'influencer la croissance, la survie et le comportement des organismes cibles.

Ces composés jouent fréquemment un rôle de **défense chimique**, tout en pouvant intervenir dans certaines interactions bénéfiques (stimulation de la germination ou de la croissance à faible dose).

Ils présentent une grande diversité fonctionnelle :

- des composés différents peuvent agir sur une même enzyme ou voie métabolique ;
- un même composé peut cibler plusieurs processus physiologiques. (Sahid et Sugau, 1993).

1.3.6 Mécanismes affectés par l'allélopathie

Les plantes synthétisent les composés allélochimiques via le métabolisme secondaire, sous l'influence de plusieurs facteurs, notamment la disponibilité des précurseurs, la régulation génétique et les conditions environnementales (rayonnement UV, carences nutritives, stress biotiques) (Croteau *et al.*, 2000). Ces conditions peuvent favoriser leur accumulation (Dixon *et al.*, 1995).

Les modes d'action des allélocomposés peuvent être classés en **effets directs et indirects** (Blum, 2002), affectant plusieurs processus physiologiques :



- **Absorption minérale** : perturbation de l'absorption des ions et des nutriments essentiels (Baar *et al.*, 1994).

- **Cytologie et ultrastructure** : inhibition de la division cellulaire (mitose), notamment au niveau des méristèmes racinaires (Celik et Aslanturk, 2010 ; Gulzar *et al.*, 2016 ; Mohamadi et Rajaie, 2009 ; Mushtaq *et al.*, 2019 ; Teerarak *et al.*, 2010).

- **Phytohormones** : modification de l'équilibre hormonal (auxines, gibbérellines), affectant l'élongation et la différenciation cellulaire.

- **Perméabilité membranaire** : altération de la structure et du fonctionnement des membranes, perturbant les échanges cellulaires (Galindo *et al.*, 1999).

- **Photosynthèse** : inhibition ou stimulation du transport d'électrons et de l'activité photosynthétique (Batish *et al.*, 2001).

- **Respiration** : effets variables sur l'intensité respiratoire (stimulation ou inhibition) (Batish *et al.*, 2001).

- **Synthèse des protéines** : inhibition de la biosynthèse protéique, mise en évidence par des traceurs isotopiques (Bertin *et al.*, 2007).

- **Activité enzymatique** : réduction ou modification de l'activité de nombreuses enzymes (Rice, 1984 ; Muscolo *et al.*, 2001).

- **Stress physiologique (proline)** : accumulation de proline, indicateur de stress abiotique (Hayat *et al.*, 2012).

- **Croissance et développement** : effets morphologiques et physiologiques variés, incluant :

- diminution du taux de germination ;
- gonflement anormal des graines ;
- réduction de la croissance des racines et des parties aériennes ;
- nécrose des extrémités racinaires ;
- déformation des racines ;
- absence de poils absorbants ;
- augmentation des racines secondaires ;
- diminution de la biomasse et du potentiel reproducteur (Wu *et al.*, 1998).

1.4 Modes d'émission des composés allélopathiques

Les voies de libération des composés allélochimiques dans l'environnement varient selon les espèces végétales et les conditions écologiques. Elles comprennent principalement :

- **Volatilisation** : émission de composés volatils dans l'atmosphère, particulièrement importante en milieux arides et semi-arides.

- **Lessivage (leaching)** : transfert des composés depuis les parties aériennes vers le sol sous l'effet des précipitations ou de l'irrigation.

- **Exsudation racinaire** : libération directe des composés dans la rhizosphère par les racines.

- **Décomposition des résidus végétaux** : libération progressive lors de la dégradation de la matière organique par les micro-organismes du sol.

Ces processus sont influencés par divers facteurs :

- **Facteurs biotiques** : activité microbienne, densité végétale, stade de développement des plantes ;

- **Facteurs abiotiques** : température, humidité, salinité, disponibilité en nutriments, ainsi que les pratiques agricoles. (Croteau *et al.*, 2000).

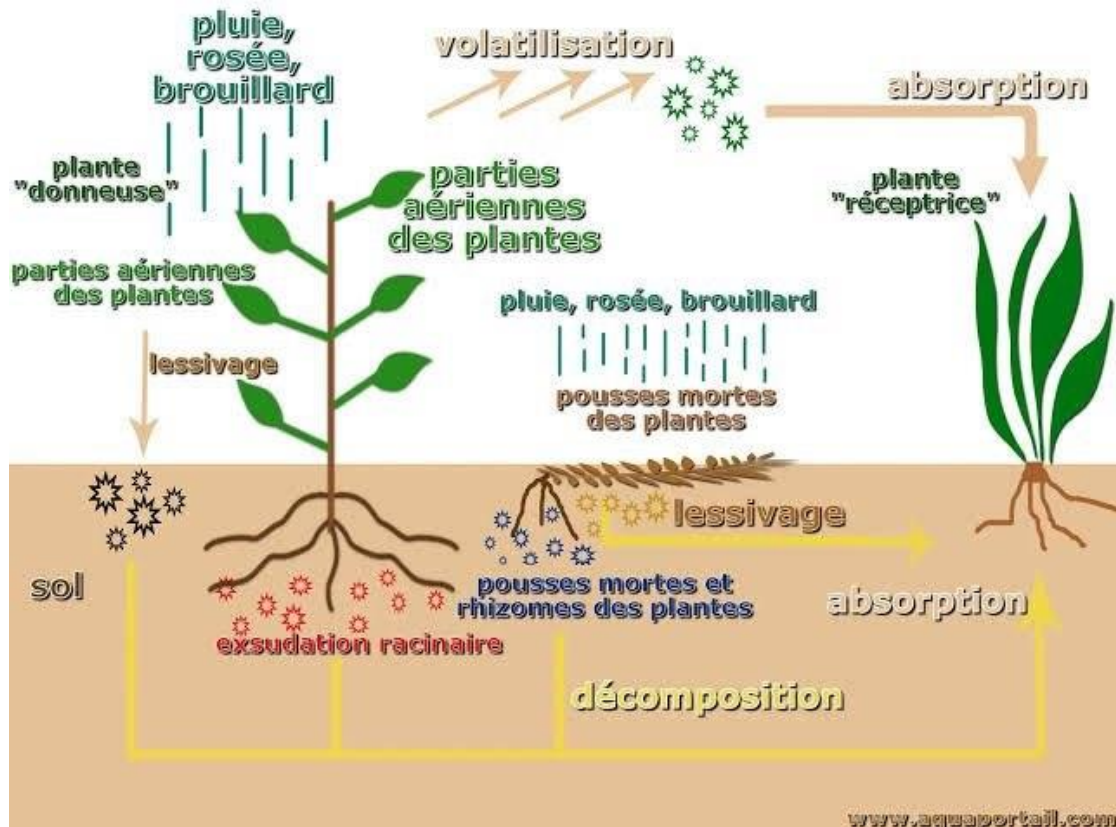


Figure I-2: Schéma des mécanismes de libération et de transfert des composés allélochimiques dans l'environnement. (Croteau *et al.*, 2000).



1.5 Facteurs influençant la production et l'activité des composés allélochimiques

La production et l'efficacité des composés allélochimiques résultent d'une interaction complexe entre des facteurs biologiques, environnementaux et édaphiques.

1.5.1 Rôle des micro-organismes du sol

Les micro-organismes du sol jouent un rôle fondamental dans les phénomènes allélopathiques. Ils peuvent:

- dégrader les composés toxiques, réduisant ainsi leur effet;
- transformer ces substances en métabolites plus ou moins actifs;
- produire de nouveaux composés à activité allélopathique (Inderjit, 2001).

Ils influencent également la disponibilité des éléments nutritifs et la libération des composés adsorbés sur les particules du sol. Les allélocomposés peuvent exister sous différentes formes : libre, liée de manière réversible ou irréversible. Les formes libres et réversiblement liées sont généralement les plus actives (Inderjit, 2005).

1.5.2 Influence des facteurs environnementaux

Les conditions environnementales modulent fortement la production des métabolites secondaires. Les plantes allélopathiques tendent à augmenter la synthèse de composés phytotoxiques lorsqu'elles sont soumises à des stress, tels que:

- carences minérales;
- températures extrêmes;
- stress hydrique;
- forte intensité lumineuse;
- exposition à des substances chimiques (herbicides, fongicides, insecticides, régulateurs de croissance) (Rice, 1984 ; Einhellig, 1989).

Ces facteurs influencent également l'expression de l'allélopathie selon les saisons, notamment via les variations de température et d'humidité du sol (Dolling *et al.*, 1994).

1.5.3 Absorption et transfert des allélocomposés

Pour exercer un effet direct, les allélocomposés doivent être absorbés par la plante cible (Willis, 1985). Cette absorption se fait principalement au niveau des racines, par transport passif ou actif. Les composés sont ensuite transloqués dans le xylème via le flux de masse (Inderjit, 2005).

Leur activité dépend fortement de leur concentration:

- à faible dose : effets parfois stimulants;



- à forte dose : effets inhibiteurs (Narwal, 1994).

Cette relation dose-effet est essentielle dans les applications agronomiques, notamment pour la lutte contre les adventices.

1.5.4 Variabilité selon les organes et les espèces

Le potentiel allélopathique varie selon:

- les organes de la plante (racines, feuilles, graines) ;
- l'âge et le stade de développement ;
- l'espèce végétale (Chon et Kim, 2002 ; Qasem et Foy, 2001).

Les lixivats végétaux contiennent une grande diversité de substances (nutriments minéraux, glucides, acides aminés, composés organiques), susceptibles d'exercer des effets inhibiteurs ou stimulants (Duke, 1986 ; Weston *et al.*, 1989). Des études ont également montré que certains éléments inorganiques peuvent intervenir dans les interactions allélopathiques (Morris *et al.*, 2009).

1.5.5 Influence des propriétés du sol

Le devenir des composés allélochimiques dans le sol dépend de plusieurs processus:

- rétention (adsorption) ;
- transformation biologique et chimique ;
- transport (diffusion, lessivage) (Inderjit et Weston, 2000).

Les propriétés du sol influençant ces effets incluent:

- la texture ;
- la teneur en matière organique ;
- la disponibilité en nutriments ;
- l'activité microbienne ;
- le pH (Qasem et Hill, 1989 ; Kobayashi, 2004).

Le pH joue un rôle particulièrement important en régulant l'activité microbienne et la disponibilité des composés (Inderjit et Dakshini, 1994). Par ailleurs, l'incorporation de résidus végétaux peut modifier les propriétés chimiques du sol et influencer l'activité allélopathique (Blum *et al.*, 1992).

1.5.6 Effet des pratiques culturales et des résidus végétaux

En conditions naturelles ou agricoles, les résidus végétaux allélopathiques peuvent:

- rester à la surface du sol ;
- ou être incorporés par les pratiques culturales (labour, enfouissement) (Weston, 1996).



Leur décomposition et leur interaction avec les constituants du sol déterminent l'intensité et la durée de leur effet (Blum, 1995).

1.5.7 Interaction entre facteurs génétiques et environnementaux

La production des allélocomposés résulte d'une interaction entre:

- facteurs génétiques propres à l'espèce;
- conditions environnementales (lumière, température, disponibilité en eau) (Wink, 1999; Aldrich, 1984).

Par exemple, le stress hydrique peut augmenter l'activité allélopathique de certaines espèces, comme *Cyperus rotundus* (Tang *et al.*, 1995).

1.6 Influence des stress environnementaux sur la synthèse des composés allélochimiques:

La biosynthèse des composés allélochimiques, à l'instar des autres métabolites secondaires, est particulièrement sensible aux contraintes environnementales, qu'elles soient d'ordre physique, chimique ou biologique. Ces substances jouent un rôle fondamental dans les interactions entre la plante et son milieu : elles peuvent agir comme signaux de reconnaissance vis-à-vis de certains microorganismes, ou contribuer à la résistance de la plante face à divers types de stress et d'agressions, qu'ils soient biotiques ou abiotiques (Macheix *et al.*, 2005).

1.7 Rôle de l'allélopathie dans la lutte contre les mauvaises herbes et la protection des cultures:

Les mauvaises herbes sont des plantes indésirables qui poussent dans les environnements naturels ainsi que dans les champs agricoles, et qui affectent négativement la croissance et la productivité des cultures en raison de la compétition pour les ressources disponibles.

Dans les systèmes agricoles, les mauvaises herbes sont contrôlées par des méthodes mécaniques (comme l'arrachage manuel ou l'utilisation de machines) ou par l'application intensive de produits chimiques connus sous le nom d'herbicides. Bien que les méthodes mécaniques soient efficaces sur de petites surfaces, elles deviennent fastidieuses et difficiles à appliquer sur de grandes superficies en raison du temps et de l'effort considérables qu'elles exigent. Quant à la lutte chimique, malgré son efficacité, elle repose largement sur l'utilisation de substances chimiques qui peuvent entraîner une pollution environnementale. De plus, l'usage excessif des herbicides a conduit à l'apparition de souches de mauvaises herbes résistantes, ce qui réduit leur efficacité au fil du temps.

Afin d'éviter ces problèmes environnementaux et pratiques, l'intégration de méthodes respectueuses de l'environnement dans la gestion des mauvaises herbes est nécessaire. Dans ce



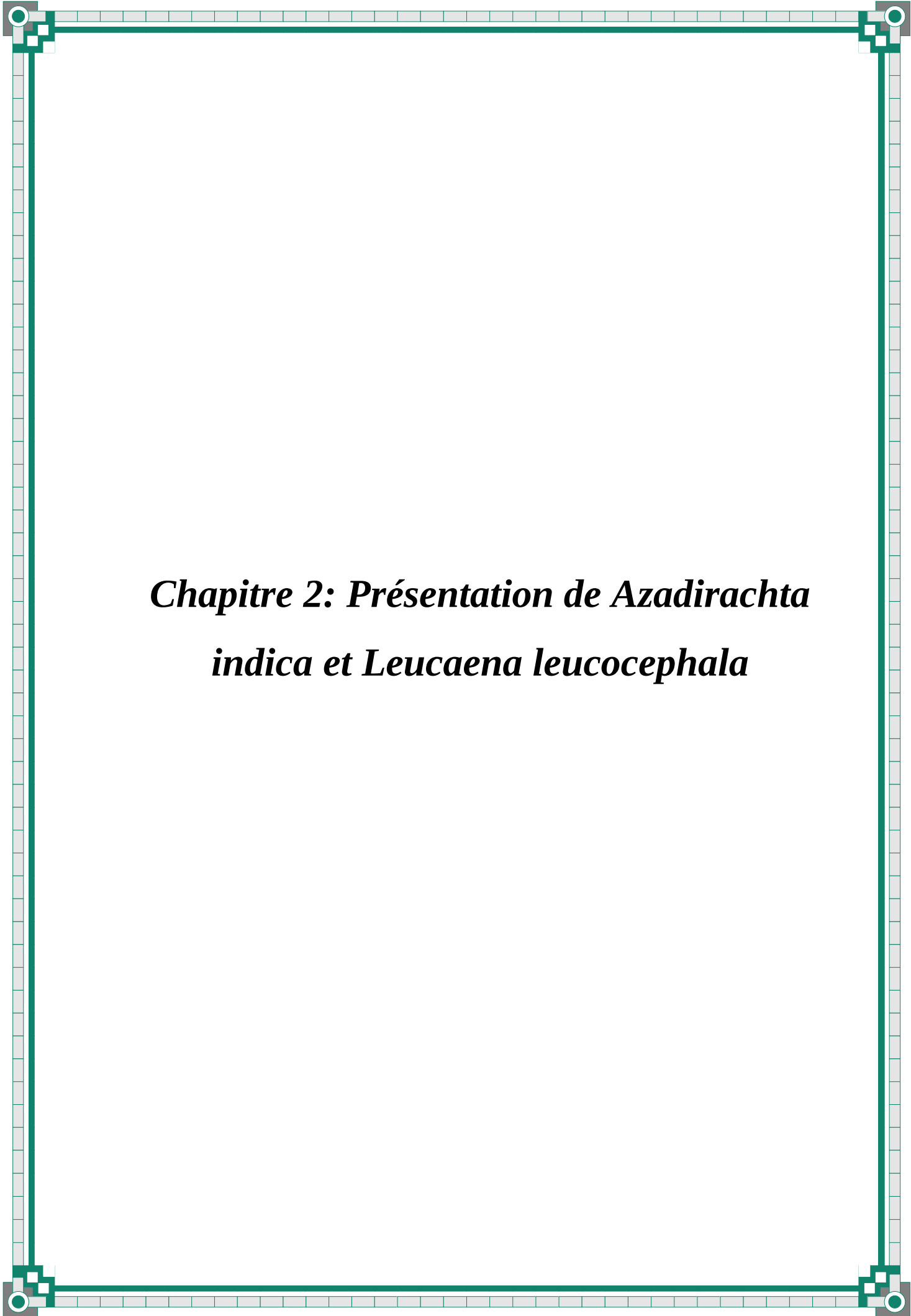
contexte, l'utilisation de l'allélopathie constitue une approche prometteuse, car elle peut contribuer à une gestion durable des mauvaises herbes en réduisant la dépendance aux herbicides chimiques et en limitant leurs effets négatifs sur l'environnement.

La compréhension des propriétés allélopathiques des plantes peut aider à développer des stratégies efficaces de lutte contre les mauvaises herbes. Par exemple, l'introduction de plantes présentant une forte activité allélopathique peut réduire la propagation de certaines mauvaises herbes dans les champs agricoles. Des études ont montré que certaines cultures comme le riz, la tomate, le sorgho et le blé possèdent une capacité naturelle à inhiber la croissance des mauvaises herbes environnantes (Cheng & Cheng, 2015 ; Hierro & Callaway, 2003 ; Jabran *et al.*, 2015).

La culture de ces plantes allélopathiques crée un environnement compétitif défavorable au développement des mauvaises herbes, ce qui limite leur propagation et leur persistance. De plus, des pratiques agricoles telles que les cultures de couverture (cover crops) ou l'association culturale (intercropping) peuvent renforcer l'effet allélopathique.

Par ailleurs, l'incorporation de résidus végétaux dans le sol (comme ceux du tournesol ou du chou) peut libérer des composés alléliques qui affectent négativement la germination et la croissance des mauvaises herbes. Certaines recherches ont montré une diminution significative de la biomasse des mauvaises herbes grâce à l'utilisation de ces résidus végétaux (Bairizamakenga *et al.*, 1997 ; Zhang *et al.*, 2010 ; Khaliq *et al.*, 2011 ; Puig *et al.*, 2018).

Enfin, le potentiel allélopathique des plantes peut être exploité par l'utilisation de leurs extraits ou de leurs huiles essentielles, qui peuvent être développés en tant qu'herbicides biologiques naturels. Bien que cette approche puisse être moins efficace à grande échelle que les herbicides chimiques, elle représente une alternative écologique sûre et durable (Bhadoria, 2011 ; Gniazdowska & Bogatek, 2005).



Chapitre 2: Présentation de Azadirachta indica et Leucaena leucocephala



2.L'arbre de neem (*Azadirachta indica*)

2.1 Informations générales sur le neem (*Azadirachta indica*):

Le neem (*Azadirachta indica*) (Adrien-Henri de Jussieu, 1830) appartient à la famille des Meliaceae. C'est un arbre vivace remarquable dont les feuilles sont composées, pennées, formées de 15 à 30 folioles dentées. Elles sont vert clair lorsqu'elles sont jeunes, puis deviennent vert foncé et brillantes à maturité (Wikipédia arabe : نيم شائع)

Ses fleurs apparaissent en grappes blanches de petite taille, dégageant un parfum léger rappelant celui du jasmin. La floraison a lieu généralement au printemps, attirant abeilles et papillons, ce qui contribue à l'amélioration de la biodiversité locale (Springer Nature, 2025).

Le neem se distingue par sa capacité à résister à des conditions environnementales extrêmes telles que la sécheresse et les températures élevées, ce qui en fait une espèce idéale pour les régions tropicales et subtropicales. Ses feuilles dégagent une odeur aromatique caractéristique lorsqu'elles sont frottées, et l'arbre est utilisé dans la fabrication de pesticides naturels (Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry).

Sur le plan écologique et médical, le neem est d'une grande importance : plusieurs de ses parties contiennent des composés bioactifs aux propriétés thérapeutiques, notamment contre les inflammations et les affections cutanées. Il est également utilisé en agriculture biologique pour lutter contre les ravageurs (Frontiers in Pharmacology, 2022).

En Inde, il est connu sous le nom de « pharmacie du village », en raison de ses usages multiples depuis des siècles. De plus, il possède la capacité de purifier les sols salins. C'est un arbre à longue durée de vie, pouvant atteindre 180 ans, et parfois jusqu'à 200 ans en milieu forestier (Farah Afif, Mouchtali 2026 ; Al-Muzari' al-Libi).



Figure II-1: L'arbre de neem (*Azadirachta indica*).

2.1.1 Dénomination

- **Noms communs** : neem commun, neem indien, margousier indien, arbre de neem (Samir Ismaïl El-Hilou, 1999).
- **Classification scientifique** : espèce appartenant au genre *Azadirachta* de la famille des Meliaceae (Usda Grin Taxonomy, 2015).
- **Nom scientifique** : *Azadirachta indica* (The Plant List, 2013).
- **Importance traditionnelle** : en Inde, il est connu sous le nom de « pharmacie du village » en raison de ses usages médicaux et agricoles depuis des siècles (Mohamed El-Saoui Mohamed Mubarak, 2003).
- **Caractéristiques écologiques** : il se distingue par sa capacité à purifier les sols des sels (Muséum national d'histoire naturelle, Paris).
- **Durée de vie** : arbre pérenne pouvant atteindre 180 ans, et jusqu'à 200 ans à l'état sauvage (The Iucn Red List, 2022).



2.1.2 Classification botanique du neem (*Azadirachta indica*):

Le tableau résume la classification taxonomique du neem indien (*Azadirachta indica*), en indiquant sa position systématique depuis les eucaryotes jusqu'à l'espèce. Il met en évidence son appartenance aux angiospermes dicotylédones, à la famille des Meliaceae et à l'ordre des Sapindales.

Tableau II.1 : Classification taxonomique de l'espèce *Azadirachta indica* (Neem indien) (Wikimédia Yémen, 2026).

Niveau taxonomique	Classification
Domaine	Eucaryotes
Règne	Plantes
Super-division	Embryophytes
Division	Plantes vasculaires
Embranchement	Euphyllophytes
Sous-embranchement	Spermatophytes
Clade	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Rosidées
Super-ordre	Rosanae
Ordre	Sapindales
Famille	Meliaceae (Azedarachaceae)
Sous-famille	Azedarachoideae
Tribu	Azedaracheae
Genre	<i>Azadirachta</i>
Espèce	<i>Azadirachta indica</i> (Neem indien)

2.1.3 Description botanique du neem (*Azadirachta indica*)

- Aspect général : Arbre à feuillage persistant, à croissance rapide, atteignant 16–25 m de hauteur. Son houppier dense en forme de parasol procure une ombre abondante. Le tronc est dur, brun foncé, avec un diamètre de 75–150 cm et une écorce fissurée. Les racines s'étendent largement de manière horizontale, nécessitant un espacement d'au moins 3 m entre les arbres lors de la plantation (Farah Afif & Hanan Qadri, Revue Britannica, Mushtali 2026).

- Feuilles : Composées et pennées, mesurant environ 30 cm, formées de 15–30 folioles dentées. Elles sont vert clair lorsqu'elles sont jeunes puis deviennent vert foncé brillant. Lorsqu'on les frotte, elles dégagent une odeur aromatique caractéristique, utilisée dans la fabrication de pesticides naturels (Le cultivateur libyen).

- Fleurs : Petites fleurs blanches parfumées, regroupées en grappes latérales d'environ 20 cm, apparaissant au printemps. Elles attirent abeilles et papillons, favorisant la biodiversité (Farah Afif & Hanan Qadri, Revue Britannica, Mushtali 2026).



- Fruits : Fruits allongés d'environ 1 cm, verts puis jaunes à maturité, contenant une seule graine et une pulpe sucrée comestible (Le cultivateur libyen).

2.1.4 Le domaine géographique du neem (*Azadirachta indica*):

- Le margousier (Neem) est originaire des régions forestières et boisées de l'Inde et du Sri Lanka, où il est connu en Inde sous le nom de « Margousa ». Les premières observations de cet arbre ont été enregistrées dans le nord de l'Inde, notamment dans une région appelée Kaznataka (Wikipédia).

- Le neem est également largement répandu dans les zones tropicales et subtropicales, telles que l'Indonésie et le Soudan, en raison de conditions climatiques favorables à sa croissance. Il a été introduit en Afrique à la fin du XIX^e siècle par des colons indiens (Neem Foundation, 2014).

- Par ailleurs, un botaniste allemand a indiqué qu'environ 4000 arbres de neem ont récemment été plantés en Égypte, en particulier dans la région du delta, où ils se développent avec succès dans des conditions climatiques chaudes (Wikipédia). De plus, la culture du neem est répandue dans le nord et le centre du Soudan. Elle a également réussi dans le sud du Royaume d'Arabie saoudite, notamment après son introduction dans la région de La Mecque, où sa culture a prospéré à Jabal al-Rahma, à Arafat ainsi que dans la région de Jazan (Neem Foundation, 2014).

2.1.5 Toxicité du neem (*Azadirachta indica*) dans l'organisme vivant :

L'arbre de neem (*Azadirachta indica*) est largement reconnu pour ses propriétés médicinales et biologiques, allant des effets antibactériens et antiviraux jusqu'à son utilisation comme pesticide naturel (Braga *et al.*, 2021).

Cependant, les recherches récentes ont révélé que ses extraits et produits dérivés peuvent présenter une toxicité chez les organismes vivants. Chez les espèces aquatiques, certaines formulations commerciales ont provoqué une mortalité aiguë, des effets chroniques sur la reproduction et même des altérations génétiques, notamment avec l'azadirachtine (Saravanan *et al.*, 2021 ; Ashokan *et al.*, 2021 ; Jokhtabi & Belhaj, 2021 ; Maranhão *et al.*, 2021 ; Chandra & Khoda Bakhsh, 2021).

Chez les mammifères, le neem est généralement sûr à faibles doses, mais peut entraîner des effets nocifs à des concentrations élevées (Braga *et al.*, 2021).

Ainsi, bien que le neem soit une ressource précieuse en médecine et en agriculture, son utilisation doit être encadrée par des études de sécurité rigoureuses afin de définir des doses sûres et éviter des impacts négatifs sur l'environnement et la santé (Braga *et al.*, 2021).



2.1.6 Sécurité, toxicité et restrictions liées à l'utilisation du neem (*Azadirachta indica*):

Le neem (*Azadirachta indica*) est généralement considéré comme sûr lorsqu'il est utilisé comme complément alimentaire ou en application topique. Il est bien toléré par l'organisme et les effets secondaires rapportés sont rares et légers, se limitant le plus souvent à des irritations gastro-intestinales ou cutanées (Biswas *et al.*, 2002 ; Pai *et al.*, 2004).

Cependant, des études ont montré que des doses élevées, en particulier d'huile de neem, peuvent provoquer une toxicité hépatique et neurologique chez les modèles animaux. Dans des cas rares, l'ingestion d'huile de neem a entraîné une acidose métabolique sévère et une encéphalopathie chez des enfants (Braga *et al.*, 2021).

Il est fortement recommandé aux femmes enceintes et allaitantes d'éviter le neem et ses extraits, en raison de ses effets abortifs observés dans les études animales. Parmi les autres effets secondaires signalés figurent : dermatite allergique, troubles gastro-intestinaux, et altération de la fonction hépatique lors d'une consommation prolongée ou à fortes doses (Biswas *et al.*, 2002).

De plus, le neem peut interagir avec certains médicaments, notamment les traitements contre le diabète, les antihypertenseurs et les immunosuppresseurs. Son utilisation doit donc être encadrée par un avis médical (Hamdan *et al.*, 2023 ; Alqahtani *et al.*, 2022 ; Al-Tayeb *et al.*, 2022).

Enfin, l'absence de standardisation des dosages dans les recommandations des autorités de santé publique entraîne une grande variabilité entre les produits disponibles sur le marché. Cela se traduit par des différences notables dans les concentrations de composés actifs, influençant ainsi l'efficacité et la sécurité des préparations à base de neem (Bharitkar *et al.*, 2014 ; Hamdan *et al.*, 2023).

2.1.7 Bienfaits et utilisations du neem (*Azadirachta indica*):

L'arbre de neem (*Azadirachta indica*) est considéré comme une plante d'une grande importance médicinale et environnementale. Il contient des composés chimiques actifs qui lui confèrent de nombreuses propriétés thérapeutiques et agricoles. Toutes les parties de l'arbre, notamment les feuilles, l'écorce, les graines, les fruits, les racines et les fleurs, sont utilisées dans divers domaines (Al-Mazare' Al-Libi ; Farah Afif, Machtali 2026 ; Wikipédia).

1. Propriétés insecticides et répulsives

Le neem est largement reconnu pour son efficacité dans la lutte contre les insectes, en particulier les moustiques et les mouches. Cette propriété est due à une substance active appelée azadirachtine, présente dans toutes les parties de l'arbre, avec une concentration plus élevée dans les graines et les fruits. Elle agit en empêchant les insectes de se nourrir, en perturbant leur



système hormonal et en provoquant la stérilité chez certains insectes. Les fleurs du neem émettent également des odeurs répulsives pour les insectes. Des études ont montré que le neem est efficace contre plus de 200 espèces d'insectes (Wikipédia).

2. Utilisations médicales

- Feuilles : utilisées pour traiter la lèpre, les maladies oculaires, les saignements de nez, les vers intestinaux, les troubles digestifs, les ulcères cutanés, les maladies cardiovasculaires, la fièvre, le diabète, les maladies des gencives et les troubles hépatiques. Elles sont aussi employées dans certains cas pour le contrôle des naissances (Al-Mazare^c Al-Libi).

- Écorce, racines et fruits : l'écorce est utilisée contre le paludisme, les ulcères et les maladies de la peau ; les racines et le tronc sont considérés comme stimulants sexuels ; les fruits contre les hémorroïdes, les infections urinaires, le diabète et les plaies (Farah Afif, Machtali 2026).

- Graines et fleurs : les fleurs sont utilisées contre les mucosités et les vers intestinaux ; les graines et leur huile pour traiter certaines maladies et comme moyen contraceptif (Wikipédia).

- Rameaux : utilisés contre la toux, l'asthme, les hémorroïdes, les troubles urinaires et le diabète. Ils servent parfois de brosse à dents naturelle, bien que cela puisse présenter des risques de contamination fongique (Al-Mazare^c Al-Libi).

3. Utilisations cosmétiques

L'huile de neem est largement utilisée dans les produits de soin pour la peau et les cheveux grâce à ses propriétés antibactériennes et antifongiques. Elle est efficace contre l'acné, les infections fongiques, les poux et les irritations cutanées (Farah Afif, Machtali 2026).

4. Utilisations agricoles

Le neem est utilisé en agriculture biologique comme pesticide naturel. Il protège les cultures sans les endommager, permet de conserver les céréales (riz, blé, orge, maïs) et améliore la fertilité du sol (Wikipédia).

5. Utilisations environnementales

Le neem joue un rôle important dans la protection de l'environnement : lutte contre la désertification, agit comme brise-vent, améliore la qualité du sol et contribue à la purification de l'air en absorbant des gaz nocifs tels que le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote (Al-Mazare^c Al-Libi).

6. Hygiène bucco-dentaire

Les rameaux de neem contiennent des substances antibactériennes comme la nimbidine, ce qui les rend efficaces pour nettoyer les dents, renforcer les gencives et désinfecter la cavité



buccale. Ces propriétés ont conduit à leur utilisation dans certains dentifrices modernes (Farah Afif, Machtali 2026).

7.Applications pharmaceutiques

L'écorce est utilisée comme tonique et antipyrétique ; la gomme a un effet calmant ; les feuilles et les graines contre les maladies de la peau ; les fruits comme laxatif ; l'huile contre les douleurs nerveuses. Certaines études suggèrent également un potentiel effet anticancéreux (Wikipédia).

8.Rôle dans la contraception

Des études ont montré que l'huile de graines de neem peut détruire les spermatozoïdes en moins de 30 secondes, empêchant ainsi la fécondation. Elle a été utilisée expérimentalement comme méthode contraceptive sans affecter l'ovulation (Al-Mazare^c Al-Libi).

2.1.8 Précautions d'utilisation et effets secondaires du margousier (*Azadirachta indica*)

Le margousier (*Azadirachta indica*), communément appelé neem, est largement utilisé pour ses propriétés médicinales et phytosanitaires. Toutefois, son utilisation, notamment par voie orale, nécessite des précautions en raison de ses effets potentiellement toxiques à fortes doses ou lors d'une utilisation prolongée.

1. Toxicité générale

La consommation de neem par voie orale à des doses élevées ou sur une longue durée peut entraîner des effets toxiques, en particulier au niveau hépatique et rénal (Khair, 2019). Ces effets sont principalement liés à la présence de composés bioactifs puissants.

2. Effets chez les enfants

L'ingestion de graines de neem ou de leur huile est considérée comme **probablement dangereuse chez les enfants**, en particulier chez les nourrissons et les jeunes enfants.

Des effets indésirables graves peuvent survenir quelques heures après l'ingestion, notamment :

- vomissements ;
- diarrhée ;
- somnolence ;
- troubles hématologiques ;
- convulsions ;
- perte de conscience ;
- coma ;
- troubles neurologiques sévères pouvant conduire au décès (Afif, 2026).



3. Grossesse et allaitement

L'huile et l'écorce de neem sont considérées comme **non sûres pendant la grossesse**, en raison de leur potentiel abortif (Khair, 2019).

Concernant l'allaitement, les données disponibles restent insuffisantes pour garantir leur innocuité. Par mesure de précaution, il est recommandé d'éviter toute utilisation durant cette période.

4. Effets sur la fertilité

Certaines études indiquent que les extraits de neem peuvent altérer la fertilité, notamment en :

- affectant la viabilité et la mobilité des spermatozoïdes ;
- perturbant certains mécanismes de la reproduction.

Ainsi, l'utilisation du neem est déconseillée chez les personnes souhaitant concevoir (Afif, 2026).

5. Maladies auto-immunes

Le neem peut stimuler le système immunitaire. Cette propriété peut aggraver les symptômes de certaines maladies auto-immunes telles que :

- la sclérose en plaques ;
- le lupus érythémateux systémique ;
- la polyarthrite rhumatoïde (Khair, 2019).

Son utilisation est donc déconseillée chez les patients atteints de ces pathologies.

6. Effets sur la glycémie (diabète)

Le neem possède des propriétés hypoglycémiantes pouvant entraîner une **diminution du taux de glucose sanguin**.

Chez les personnes diabétiques, son utilisation peut provoquer une hypoglycémie, en particulier en association avec des traitements antidiabétiques. Une surveillance régulière de la glycémie est donc nécessaire (Afif, 2026).

7. Greffe d'organes et chirurgie

Le neem peut interférer avec les traitements immunosuppresseurs administrés après une greffe d'organe, en réduisant leur efficacité. Son utilisation est donc déconseillée chez les patients transplantés.

Par ailleurs, en raison de ses effets potentiels sur la glycémie, il est recommandé d'arrêter toute consommation de neem **au moins deux semaines avant une intervention chirurgicale** (Khair, 2019).



2.2 L'arbre de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*)

2.2.1 Description botanique générale:

Leucaena leucocephala (Hendrik de Wit) 1961 est une espèce arborée pérenne à croissance rapide, originaire des régions tropicales d'Amérique, notamment du Mexique et de l'Amérique centrale. Elle s'est largement naturalisée dans de nombreuses régions du monde et est considérée comme une espèce envahissante dans certains écosystèmes. Cette plante présente une forte plasticité écologique, avec une capacité d'adaptation à une large gamme de sols ainsi qu'une tolérance marquée à la sécheresse, mais reste sensible au gel. Sa reproduction s'effectue par graines et par bouturage.



Figure II-2: L'arbre de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*)

2.2.2 Description morphologique et florale

Leucaena leucocephala est un arbuste ou petit arbre atteignant 10 m de hauteur, avec des feuilles bipennées, des fleurs en inflorescences sphériques et des gousses contenant des graines plates. (Khair, 2019).

2.2.3 Classification scientifique

Cette classification situe *Leucaena leucocephala* parmi les plantes vasculaires appartenant à la famille des Fabaceae, un groupe important de légumineuses largement étudié pour ses propriétés écologiques et agronomiques.



Tableau II.2 : Classification scientifique de *Leucaena leucocephala* (Kew Science ; Wikipédia)

Niveau taxonomique	Classification
Domaine	Eucaryota
Règne	Plantae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Leucaena</i>
Espèce	<i>Leucaena leucocephala</i>

2.2.4 Distribution géographique

Originaire du Mexique et de l'Amérique centrale, cette espèce est largement répandue dans les régions tropicales et subtropicales du monde.(Sharma *et al.*, 2022 ; Wikipédia.)

2.2.5 Composition chimique

La plante contient de la mimosine, des tanins, des protéines (jusqu'à 65 %) ainsi que divers composés secondaires. (Afif, 2026).

2.2.6 Utilisations

Elle est utilisée en agriculture (fourrage, fertilité des sols), en médecine traditionnelle et pour d'autres usages comme le bois et le miel.(Afif, 2026).

***Chapitre 3: Evaluation de Potentiel
allélopathique de Azadirachta indica et de
Leucaena leucocephala (Synthèse
bibliographique comparative des effets
allélopathiques)***



3.1 Potentiel allélopathique de *Azadirachta indica* sur les mauvaises herbes: une revue systématique de la littérature

Introduction :

L'intensification de l'agriculture mondiale a longtemps reposé sur l'utilisation massive d'agrochimiques de synthèse afin d'augmenter les rendements et de répondre aux besoins alimentaires croissants. Cependant, l'usage intensif et parfois incontrôlé de ces produits a entraîné de nombreux impacts négatifs, notamment la dégradation des sols, la pollution de l'eau, l'apparition de résistances chez les ravageurs et les adventices, ainsi que des effets sur les organismes non ciblés et la santé humaine (Kaur, Singh, Kumari, Sharma, Rajput, *et al.* (2023)). Ces conséquences ont progressivement favorisé une transition vers des pratiques agricoles plus durables, mettant en avant des alternatives naturelles issues des plantes.

Dans ce contexte, le neem (*Azadirachta indica* A. Juss) s'est imposé comme une espèce végétale particulièrement prometteuse. Originaire du sous-continent indien et appartenant à la famille des Meliaceae, cet arbre est utilisé depuis des siècles en médecine traditionnelle et en agriculture. Il contient une grande diversité de composés bioactifs, notamment des limonoïdes comme l'azadirachtine, la nimbine et la salannine, ainsi que d'autres flavonoïdes et triterpénoïdes (Technology for International Development, *et al.* (1992)), Biswas, Chattopadhyay, Banerjee, *et al.* (2002)). Ces molécules lui confèrent de nombreuses propriétés biologiques déjà bien documentées, telles que des effets insecticides, nématocides et antifongiques largement exploités (Wylie & Merrell (2022)).

Plus récemment, l'attention scientifique s'est orientée vers un autre potentiel du neem : son activité allélopathique. L'allélopathie correspond aux interactions chimiques entre plantes, par lesquelles certaines espèces libèrent des substances capables d'influencer la croissance et le développement d'autres végétaux (Reigosa, Pedrol & González (2006). Dans le cas du neem, ces composés peuvent inhiber la germination et la croissance des mauvaises herbes et des espèces invasives, ce qui en fait un candidat intéressant pour la production de bioherbicides naturels (Xuan, Tsuzuki, Hiroyuki, Mitsuhiro, Khanh, *et al.* (2004).

Les composés allélopathiques du neem agissent en perturbant plusieurs processus physiologiques essentiels chez les plantes cibles, notamment la division cellulaire, la perméabilité des membranes, l'équilibre hormonal et la photosynthèse. Ces perturbations entraînent une réduction de la germination, un ralentissement de la croissance et, dans certains cas, la mort des plantules (Prabhakar (2017).



Cependant, malgré un nombre croissant d'études sur le sujet, les résultats disponibles restent difficiles à comparer. La littérature scientifique présente en effet une forte hétérogénéité méthodologique. Il n'existe pas de protocole standardisé pour la préparation des extraits de neem, avec des variations importantes concernant les parties utilisées, les solvants (eau, méthanol, éthanol), les méthodes d'extraction et les concentrations. Cette diversité limite la comparabilité des résultats et empêche de tirer des conclusions générales robustes (Prabhakar (2017).

Par ailleurs, la majorité des travaux ont été réalisés en conditions contrôlées de laboratoire ou de serre, ce qui ne reflète pas toujours les conditions réelles des agroécosystèmes. En milieu naturel, des facteurs tels que la microbiologie du sol, la matière organique ou les conditions climatiques peuvent fortement modifier l'efficacité des composés allélopathiques (Inderjit & Nilsen (2003).

Un autre point critique concerne la sélectivité des effets. Bien que les études montrent souvent une inhibition des mauvaises herbes, l'impact différentiel entre les adventices et les cultures n'est pas toujours bien évalué. Or, pour qu'un bioherbicide soit réellement applicable, il doit pouvoir supprimer les mauvaises herbes sans affecter de manière significative les cultures (Jat, Agrawal, Kala, Nusrat, Kumar & Rai (2025)).

Dans ce contexte, cette revue systématique vise à combler ces lacunes en proposant une synthèse critique des connaissances disponibles sur le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica*. L'objectif est de regrouper les résultats dispersés, d'identifier les tendances communes et les contradictions, et de mettre en évidence les limites méthodologiques qui freinent l'avancement du domaine. Ce travail ambitionne également de proposer des orientations claires pour les recherches futures, notamment en matière de standardisation des méthodes, de validation en conditions réelles et d'étude approfondie de la sélectivité.

Enfin, cette revue est structurée de la manière suivante : la section 2 décrit la méthodologie de recherche et de sélection des études, la section 3 présente les résultats organisés par thèmes (tendances de recherche, variations méthodologiques, effets sur les cultures, potentiel bioherbicide et activité antimicrobienne), la section 4 discute les résultats dans le cadre plus large de l'agriculture durable, et la section 5 conclut en synthétisant les principaux apports et en proposant des perspectives de recherche.



3.1.1 Méthodologie

Cette revue systématique de la littérature a été conduite conformément aux lignes directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page, *et al.* (2021) – PRISMA 2020), afin de garantir une méthodologie transparente, rigoureuse et reproductible. Le processus de revue a comporté quatre phases distinctes: identification, sélection, évaluation de l'éligibilité et inclusion, chacune étant décrite en détail dans les sous.sections suivantes.

3.1.1.1 Protocole de revue

Une recherche bibliographique systématique a été réalisée dans les bases de données Web of Science, Scopus, ScienceDirect et SpringerLink, avec Google Scholar utilisé comme source complémentaire pour identifier les études portant sur le potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala* contre les mauvaises herbes. Ces bases ont été choisies pour leur large couverture des sciences agronomiques, biologiques et écologiques, ainsi que pour réduire le risque de biais de publication.

La stratégie de recherche reposait sur des combinaisons de mots.clés tels que “*Leucaena leucocephala*”, allelopathy, weed suppression, phytotoxicity et weeds, associés à des opérateurs booléens adaptés à chaque base. Les recherches ont été limitées aux articles scientifiques publiés entre 2015 et 2025, tout en excluant les revues et méta.analyses.

3.1.1.2 Cadre analytique pour la catégorisation thématique

Afin d'organiser et d'analyser les études sélectionnées, un cadre analytique basé sur sept dimensions de recherche a été élaboré. Ces dimensions couvraient:

- . les effets allélopathiques de *Leucaena leucocephala* sur les cultures, les mauvaises herbes et la flore native,
- . l'identification des composés bioactifs et de leurs mécanismes d'action,
- . les interactions avec d'autres espèces invasives,
- . les applications en agroforesterie,
- . le développement de bioherbicides,
- . et les impacts écologiques liés aux invasions végétales.



Chaque étude a été classée dans une ou plusieurs catégories selon son objectif principal, afin de faciliter une synthèse thématique cohérente des résultats.

3.1.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les études incluses dans cette revue devaient être des articles scientifiques originaux évalués par les pairs, publiés en anglais entre 2015 et 2025, et portant sur les effets allélopathiques de *Leucaena leucocephala* sur des plantes (cultures, adventices ou flore native). Les travaux retenus devaient également fournir des données quantitatives issues d'essais en laboratoire, en serre ou au champ.

À l'inverse, les revues, métaanalyses, chapitres d'ouvrages, résumés de conférences, études sans données quantitatives ou ne portant pas directement sur *L. leucocephala* ont été exclus. Les études consacrées uniquement aux effets sur des organismes non végétaux ainsi que les publications dupliquées ont également été écartées afin de garantir la qualité et la cohérence de la revue.

3.1.1.4 Processus de sélection des études

Le processus de sélection des études a suivi les étapes du diagramme PRISMA. La recherche bibliographique a permis d'identifier 621 références. Après suppression de 71 doublons et de 6 documents non exploitables, 544 articles ont été retenus pour le dépistage initial.

Diagramme de filtrage rigoureux

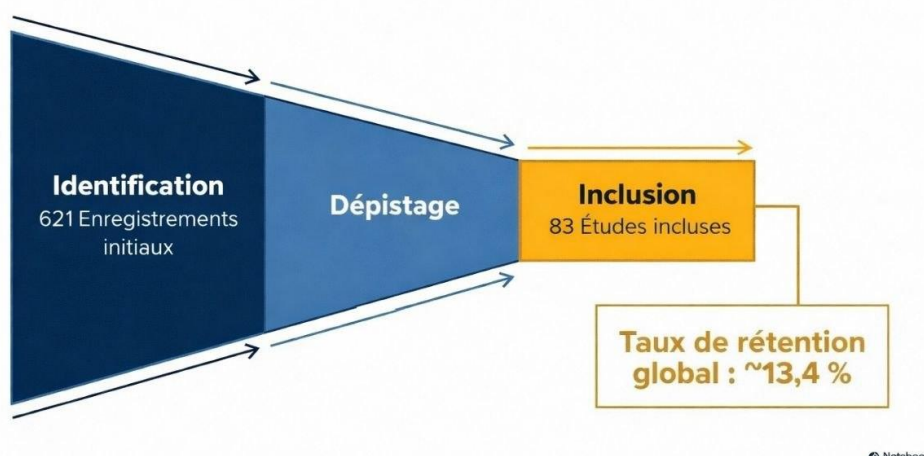


Figure III-1: Diagramme PRISMA illustrant le processus de sélection des études incluses dans la revue systématique.



Les titres et résumés ont ensuite été évalués indépendamment par deux examinateurs selon les critères d'inclusion et d'exclusion, ce qui a conduit à l'exclusion de 382 études jugées non pertinentes. Ainsi, 90 articles ont été sélectionnés pour une lecture intégrale.

Après évaluation détaillée des textes complets, 7 études supplémentaires ont été exclues, principalement parce qu'elles ne portaient pas directement sur l'allélopathie de *Leucaena leucocephala* sur les plantes ou ne présentaient pas de données quantitatives suffisantes. Finalement, 83 études ont été retenues pour la revue systématique finale.

Malgré la rigueur de cette procédure, certaines limites subsistent, notamment le biais linguistique lié à l'inclusion exclusive d'articles en anglais, l'exclusion possible de littérature grise et le risque de biais de publication favorisant les études aux résultats positifs. De plus, bien que la sélection ait été réalisée par deux évaluateurs indépendants, une part de subjectivité dans l'évaluation des études reste inévitable.

3.1.1.5 Research Trends

L'analyse des 83 études incluses montre un intérêt croissant pour le potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala* au cours des dix dernières années. Avant 2016, peu de travaux étaient disponibles, avec seulement neuf études recensées. À partir de 2016, le nombre de publications est devenu plus régulier, variant entre 4 et 10 études par an, avec des pics observés en 2016, 2017 et 2024. Cette évolution indique que la recherche sur l'allélopathie de *L. leucocephala* est passée d'un sujet émergent à un domaine scientifique bien établi.

Cependant, la répartition thématique des travaux révèle un déséquilibre important. La majorité des études portent sur les propriétés allélopathiques des espèces agroforestières et des arbres utilisés en gestion durable, ainsi que sur les interactions allélopathiques entre différentes espèces invasives ou adventices. En revanche, les recherches ciblant directement les effets de *L. leucocephala* sur les mauvaises herbes et la flore native restent limitées, avec seulement cinq études spécifiquement consacrées à cette question (Peng, *et al.* (2019)) (Martelli, *et al.* (2020) ..) (ASM EI. & Alam (2020)) (Ramli, *et al.* (2017)) (Mishra, *et al.* (2023)). Cela montre que le potentiel herbicide de cette espèce est souvent évoqué de manière générale, mais encore peu étudié de façon précise et appliquée.

Les recherches consacrées aux composés bioactifs et aux mécanismes d'action sont également peu nombreuses, avec seulement trois études recensées avant 2018 (Sahid, , *et al.* (2017)) (Mori, *et al.* (2015)...) (Chuah, *et al.* (2015)). Ce manque de données mécanistiques limite la compréhension



approfondie des substances responsables de l'effet phytotoxique et freine le développement de bioherbicides ciblés et efficaces.

3.1.1.6 Allelopathic Potential of *Leucaena leucocephala* on Crop Germination and Growth

De nombreuses études ont évalué l'effet des extraits et résidus de *Leucaena leucocephala* sur la germination et la croissance précoce de plusieurs cultures agricoles. Les résultats montrent généralement un effet inhibiteur dépendant de la concentration, dont l'intensité varie selon l'espèce cultivée, la partie végétale utilisée et le paramètre étudié.

Le riz (*Oryza sativa*) est l'espèce la plus étudiée. Les extraits foliaires de *L. leucocephala* réduisent significativement la longueur des racines et des tiges ainsi que la biomasse des plantules (Boaprem (2019)). Toutefois, une étude comparative a montré que le riz adventice était plus sensible aux extraits que certaines variétés cultivées (Ishak, *et al.* (2021)), ce qui suggère une possible sélectivité intéressante pour le contrôle des mauvaises herbes sans affecter fortement la culture.

Des effets similaires ont été observés sur d'autres cultures. Chez le radis (*Raphanus sativus*), les extraits foliaires diminuent fortement le taux de germination et la vigueur des plantules (Kalpana & Navin (2015)). Chez la pensée (*Viola tricolor*), l'inhibition touche surtout les racines, souvent plus sensibles aux substances allélochimiques que les parties aériennes (Khare, *et al.* (2016)). Des effets négatifs ont également été signalés sur des cultures alimentaires et fourragères associées aux systèmes agroforestiers (Kugedera & Kokerai (2019)).

D'autres travaux ont montré que les extraits de *L. leucocephala* affectent aussi le maïs, le haricot mungo et d'autres légumineuses (Lalremsang, *et al.* (2017)). Cette large gamme d'espèces sensibles indique que les composés allélopathiques de *L. leucocephala* possèdent une activité à large spectre. Cela représente à la fois un avantage pour la lutte contre les adventices et un risque potentiel pour les cultures si leur utilisation n'est pas correctement maîtrisée.

Ce tableau résume les principaux résultats des études incluses, en détaillant les espèces végétales ciblées, la partie de la plante utilisée, les effets observés ainsi que la sélectivité rapportée ou son absence.



Tableau III-1: Résumé des effets allélopathiques de *Leucaena leucocephala* sur la germination et la croissance des cultures.

Espèce cible	Partie de la plante utilisée	Effets observés	Sélectivité / Remarques	Source
Riz (<i>Oryza sativa</i>)	Extrait de feuilles	Inhibition significative de la longueur des pousses et des racines, ainsi que de la biomasse fraîche et sèche à des concentrations élevées.	Effet négatif sur le riz ; préoccupation potentielle pour les rizières.	(Boaprem (2019))
Riz adventice (<i>Oryza sativa</i> f. <i>spontanea</i>) vs. riz cultivé	Extrait de feuilles	Les biotypes de riz adventice étaient plus sensibles à l'extrait que les variétés cultivées.	Sélectivité prometteuse ; potentiel pour cibler le riz adventice.	(Ishak, , <i>et al.</i> (2021))
Radis (<i>Raphanus sativus</i>)	Extrait de feuilles	Réduction significative du pourcentage de germination et de l'indice de vigueur des plantules à des concentrations élevées.	Effet négatif sur le radis ; dépendant de la dose.	(Kalpana <i>et al.</i> (2015))
Pensée (<i>Viola tricolor</i>)	Extrait de feuilles	Inhibition de la germination des graines et de la croissance des plantules ; la croissance des racines est plus sensible que celle des pousses.	Effet négatif sur une culture ornementale ; croissance racinaire plus affectée.	(Khare, <i>et al.</i> (2016)
Cultures alimentaires et fourragères (général)	Litière de feuilles, exsudats racinaires	Effets allélopathiques négatifs sur la germination et la croissance précoce.	Double effet: supprime les mauvaises herbes mais peut aussi nuire	(Kugedera <i>et al.</i> (2019))



			aux cultures si mal géré.	
Haricot mungo (Vigna radiata)	Extrait aqueux de feuilles	Réduction du poids frais des plantules.	Effet négatif sur une culture légumineuse.	(Lalremsang, , et al. (2017)
Maïs (Zea mays)	Extrait aqueux de feuilles	Réduction du poids frais des plantules (mentionné dans le résumé).	Effet négatif sur une culture céréalière.	(Lalremsang, , et al. (2017)

Les études de cette thématique soulignent également l'importance des aspects méthodologiques dans l'évaluation du potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala*. Par exemple, l'étude portant sur la levée de dormance et la structure du tégument des graines de *L. leucocephala* et *Acacia nilotica* (MAI, et al. (2020) apporte des informations utiles sur la capacité de cette espèce à maintenir et disperser sa banque de graines, ce qui contribue à son caractère invasif dans les milieux agricoles.

D'autres travaux, notamment ceux consacrés aux effets des extraits foliaires de *L. leucocephala* sur des espèces natives (Alvim, et al. 2023) ainsi qu'à l'inhibition de la germination et de la croissance végétale (Quy, et al. 2024), confirment la forte phytotoxicité générale de cette espèce. Ces résultats montrent que *L. leucocephala* possède un potentiel allélopathique puissant et à large spectre, capable d'affecter de nombreuses espèces végétales, qu'il s'agisse de cultures ou de mauvaises herbes. L'ensemble de ces études met ainsi en évidence un enjeu majeur: exploiter efficacement ce potentiel allélopathique pour le contrôle des adventices, tout en limitant les effets négatifs sur les cultures agricoles.

3.1.1.7 Allelopathic Effects of *Leucaena leucocephala* on Weed Species and Native Flora:

Les études portant directement sur les effets allélopathiques de *Leucaena leucocephala* sur les mauvaises herbes et la flore native restent encore limitées. Pourtant, les travaux disponibles montrent clairement que cette espèce joue un rôle important dans la modification des communautés végétales et dans le succès de son invasion écologique.

Un des principaux constats est que l'allélopathie contribue fortement à la capacité de *L. leucocephala* à former des peuplements monospécifiques denses qui remplacent progressivement la végétation locale. Une étude réalisée dans les forêts côtières de la péninsule de Hengchun à Taïwan a montré que cette espèce envahit facilement les terres agricoles et pâturages abandonnés, et qu'une fois



installée, la restauration de la végétation d'origine devient très difficile (Peng, *et al.* (2019). Cette difficulté s'explique notamment par la persistance des substances allélochimiques dans le sol, qui continuent d'inhiber la germination et la croissance des espèces natives même après l'élimination des arbres adultes.

Des résultats similaires ont été observés au Brésil, dans la région d'Itapira (São Paulo), où la prolifération de *L. leucocephala* a été associée à une réduction significative de la biodiversité végétale (Martelli, *et al.* (2020). L'espèce ne se contente donc pas de concurrencer physiquement les plantes locales ; elle agit aussi par suppression chimique, modifiant profondément les équilibres écologiques et réduisant la richesse floristique des milieux envahis.

Les effets allélopathiques de *L. leucocephala* concernent également certains organismes du sol. Une étude sur l'activité nématocide des extraits de différentes parties de la plante a montré une forte efficacité contre le nématode *Meloidogyne incognita*, responsable de nombreuses maladies racinaires (ASM EI. & Alam ,2020). Les extraits aqueux se sont révélés particulièrement actifs, ce qui suggère que les composés allélochimiques de *L. leucocephala* pourraient contribuer indirectement à son avantage compétitif en réduisant les organismes nuisibles présents dans le sol.

Tableau III-2: Résumé des effets allélopathiques de *Leucaena leucocephala* sur les mauvaises herbes et la flore indigène.

Dimension	Mécanisme / Impact	Axe spécifique	Principaux résultats	Source
Mécanismes allélopathiques	Inhibition chimique	Toxicité de la mimosine	La mimosine est identifiée comme un composé allélopathique majeur inhibant la croissance des autres plantes, constituant un obstacle à la valorisation de la biomasse.	(Ramli, <i>et al.</i> (2017)
		Activité phytochimique et nématocide	Les extraits aqueux provenant de différentes parties de la plante présentent une activité nématocide significative	(EI.Nubyet <i>al.</i> (2020))



			contre Meloidogyne incognita, soutenant une stratégie allélopathique pour le contrôle des nématodes.	
Impacts écologiques	Invasion et perte de biodiversité	Prévention de l'invasion dans les forêts côtières	L. leucocephala envahit facilement les terres abandonnées et, une fois établie, la végétation d'origine devient difficile à restaurer, ce qui suggère une forte suppression allélopathique de la flore indigène.	(, Wang (2019))
		Réduction de la biodiversité par prolifération	La prolifération de L. leucocephala est directement liée à une diminution de la biodiversité des espèces végétales indigènes dans les zones envahies.	(Martelli, et al. (2020) .)
Études comparatives et contextuelles	Adaptation à la sécheresse	Comparaison des caractéristiques des plantules avec Prosopis juliflora	L'étude compare les caractéristiques d'adaptation à la sécheresse des plantules de L. leucocephala et P. juliflora, suggérant que l'allélopathie est renforcée par des traits physiologiques supérieurs.	(Mishra, et al. (2023))
	Valorisation de la biomasse	Obstacles à l'utilisation du	Les propriétés allélopathiques et toxiques de la mimosine sont	(Ramli, et al. (2017)



		leucaena pour les bioproduits	identifiées comme un obstacle majeur limitant l'utilisation maximale de la biomasse de leucaena pour les bioproduits et la bioénergie.	
--	--	-------------------------------	--	--

Parmi les principaux composés responsables de cette activité, la mimosine occupe une place centrale. Cette molécule, abondante dans les feuilles, graines et autres organes de la plante, est reconnue pour ses effets toxiques et inhibiteurs sur la croissance végétale (Ramli, *et al.* (2017)). Elle représente à la fois un atout potentiel pour le développement de bioherbicides naturels et un risque pour les cultures et les espèces non ciblées, en raison de sa faible sélectivité. Les auteurs soulignent ainsi la nécessité de développer des stratégies permettant de contrôler ou réduire la toxicité de la mimosine afin d'exploiter durablement la biomasse de *Leucaena*.

Enfin, une étude comparative avec *Prosopis juliflora* a mis en évidence que le succès invasif de *L. leucocephala* ne dépend pas uniquement de l'allélopathie, mais aussi de sa forte tolérance au stress hydrique et de ses capacités d'adaptation écologique (Mishra, , *et al.* (2023)). L'allélopathie agit donc en combinaison avec d'autres traits biologiques favorisant sa dominance dans différents écosystèmes.

Tous les travaux cités montrent que *Leucaena leucocephala* possède un fort potentiel allélopathique capable d'affecter les mauvaises herbes, les plantes natives et certains organismes du sol. Ses effets contribuent directement à la réduction de la biodiversité et à la domination écologique de cette espèce invasive. Toutefois, l'exploitation de ce potentiel pour la gestion durable des adventices nécessite de trouver un équilibre entre efficacité herbicide et protection des espèces végétales utiles.

Tableau III-3: des Composés Allélochimiques

Classe du composé	Composé spécifique	Source / Origine	Mécanisme d'action	Effets observés	Source
Acide aminé	Mimosine	L. leucocephala (graines,	Chélation des ions métalliques (ex. fer) ; perturbation de la	Inhibition de la germination des graines ; réduction de	Fangue.Yaps eu, <i>et al.</i> (2021)



		feuilles, racines)	synthèse des protéines par incorporation dans les protéines ; inhibition de la respiration cellulaire.	l'élongation des racines et des pousses ; activité herbicide dépendante de la dose.	Oti & Daramola (2025)
Composé phénolique	2,4.Ditert.but ylphénol (2,4.DTBP)	Imperata cylindrica (rhizome) ; également connu comme constituant de L. leucocephala	Induction d'un stress oxydatif via la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) ; perturbation de l'intégrité membranaire ; réduction de la teneur en chlorophylle.	Inhibition de la germination et de la croissance des plantules ; diminution de la teneur en chlorophylle ; induction de dommages oxydatifs chez les mauvaises herbes.	Kolawole, <i>et al.</i> (2018)

Les études sur les composés bioactifs de *Leucaena leucocephala* établissent une base solide pour comprendre son potentiel allélopathique. La mimosine, principal allelochimique, agit par chélation des métaux et perturbation des protéines, constituant une cible importante pour le développement de bioherbicides. Les composés phénoliques tels que le 2,4.DTBP interviennent via des mécanismes de stress oxydatif, suggérant qu'une formulation multi-composants pourrait être plus efficace qu'un seul composé actif (2). Cependant, le nombre limité d'études, notamment sur les interactions synergiques entre ces composés, constitue une lacune importante. Les recherches futures devraient explorer les effets combinés de la mimosine et des composés phénoliques, ainsi que d'autres allelochimiques mineurs impliqués dans la phytotoxicité. Il est essentiel d'approfondir l'étude du devenir environnemental de ces substances, notamment leur dégradation et leur persistance dans le sol, afin d'évaluer leur efficacité et leur sécurité écologique.



Les études sur les interactions allélopathiques d'autres espèces de mauvaises herbes invasives montrent que ce phénomène est très répandu et joue un rôle important dans leur succès écologique. En effet, de nombreuses espèces (herbacées ou ligneuses) libèrent des composés chimiques capables d'inhiber la germination et la croissance des cultures, des mauvaises herbes concurrentes ou même des espèces natives.

Plusieurs travaux ont montré que des plantes comme *Lantana camara*, *Parthenium hysterophorus* ou *Chromolaena odorata* exercent des effets inhibiteurs marqués sur des cultures agricoles telles que le maïs, le blé ou le mil, souvent de manière dose-dépendante (Enyew & Raja (2015) Putri (2022) Shrivastava & Jha (2016) ,Muzzo, *et al.* (2023) . Ces résultats sont comparables à ceux observés chez *Leucaena leucocephala*, confirmant que l'allélopathie est un mécanisme fréquent chez les espèces invasives.

D'autres études vont plus loin en montrant que certaines mauvaises herbes peuvent même être utilisées pour en contrôler d'autres, ouvrant la voie au développement de bioherbicides naturels (Javaid, , *et al.* (2020) , Lopes, , *et al.* (2022) , Susanto,*et al.* (2024) , Ojija (2022)). Par ailleurs, des recherches ont mis en évidence des effets au niveau cellulaire et physiologique, incluant des perturbations des membranes, des chloroplastes et de la division cellulaire (Mushtaq, *et al.* (2019) , ce qui aide à mieux comprendre les mécanismes d'action de ces composés.

Au-delà des interactions directes entre plantes, certaines espèces invasives modifient aussi le sol et les communautés microbiennes, créant des conditions favorables à leur propre développement et défavorables aux espèces natives (Sun, *et al.* (2022) ,Mello & Oliveira (2016) . Cela explique en partie leur forte capacité d'invasion et leur impact écologique durable.

Enfin, les inventaires réalisés dans différentes régions du monde (Saraogi & Melkania (2022)–Jamuna,*et al.* (2024) soulignent l'ampleur du problème des plantes invasives et l'importance de mieux comprendre leurs effets allélopathiques pour améliorer leur gestion.

Ces études montrent que l'allélopathie est un mécanisme clé partagé par de nombreuses espèces invasives, et qu'elle représente à la fois un enjeu écologique majeur et une piste prometteuse pour le développement de stratégies de lutte durable.



Tableau III-4: Résumé des interactions allélopathiques d'autres espèces de mauvaises herbes envahissantes et nuisibles

Type d'interaction	Espèce donneuse	Espèce cible	Principales conclusions	Source
Mauvaise herbe vs. Culture	Hedychium coronarium, Lantana camara	Millet perlé, herbe du Soudan	Effets allélopathiques significatifs sur la germination ; potentiel pour le contrôle des mauvaises herbes.	(Taques, et al. (2025)
Mauvaise herbe vs. Culture	Lantana camara	Maïs, blé	Inhibition de la germination et de la croissance des plantules ; effet dépendant de la dose.	(Enyew et al. (2015)
Mauvaise herbe vs. Culture	Parthenium	Blé	La litière de feuilles a réduit la levée des plantules.	(Putri (2022)
Mauvaise herbe vs. Mauvaise herbe	Ageratum conyzoides	Parthenium hysterophorus	Croissance et interférence allélopathique forte. Activité herbicide contre le parthénium ; potentiel pour le développement de bioherbicides.	(Javaid, et al. (2020)
Mauvaise herbe vs. Mauvaise herbe	Plusieurs espèces végétales	Bidens bipinnata L.	Plusieurs extraits de plantes ont montré une forte activité allélopathique ; diversité des sources naturelles.	(Lopes, et al. (2022)
Arbre vs. Mauvaise herbe	Melia azedarach, Eucalyptus camaldulensis	Echinochloa crus.galli	Inhibition significative de la germination et de la croissance ; potentiel pour	(Chhabra, et al. (2021))



			la gestion intégrée des mauvaises herbes.	
Mauvaise herbe vs. Mauvaise herbe	Espèces de mauvaises herbes donneuses	Cassia tora, Allium cepa	Les allélochimiques cytotoxiques ont induit des changements ultrastructuraux et mitotiques ; aperçus mécanistes.	(Mushtaq, <i>et al.</i> (2019))
Mauvaise herbe vs. Mauvaise herbe	S. nodiflora	Mimosa	Élucidation du potentiel allélopathique et identification des allélochimiques contributeurs.	(Pattanayak <i>et al.</i> (2025)
Mauvaise herbe vs. Culture	Leptochloa chinensis	Riz (implicite)	La caractéristique allélopathique peut contribuer au succès compétitif dans les rizières.	(NOGUCHI (2023))
Mauvaise herbe vs. Culture	Melastoma malabathricum L.	Trois cultures agricoles	Inhibition significative de la germination et de la croissance ; impact négatif sur la production agricole.	(Sarma, & <i>et al.</i> (2019))
Invasive vs. Native	Sphagneticola trilobata	S. calendulacea	La décomposition de la litière a modifié les propriétés du sol et les communautés microbiennes, favorisant l'envahisseur.	(Sun, <i>et al.</i> (2022))
Invasive vs. Communauté	Espèces invasives	Espèces locales	Déséquilibre des interactions, perte de biodiversité accrue.	(Mello & (2016)) <i>et al.</i>



Mauvaise herbe vs. Culture	Lantana camara	Cicer arietinum (pois chiche)	Forte réduction de la germination et de la croissance des plantules.	(Shrivastava & <i>et al.</i> (2016))
Mauvaise herbe vs. Culture	Lantana camara	Capsicum annuum (piment rouge)	Effet inhibiteur sur la croissance, impact négatif en production maraîchère.	(Lande, <i>et al.</i> (2017))
Mauvaise herbe vs. Culture/Pâturage	Chromolaena odorata	Cultures et espèces de pâturage	Inhibition significative de la germination et de la croissance.	(Muzzo, <i>et al.</i> (2023))
Mauvaise herbe vs. Culture	Asystasia gangetica	Maïs doux	Inhibition de la croissance et de la production.	(Yaqin, <i>et al.</i> (2024))
Mauvaise herbe vs. Mauvaise herbe	Ficus deltoidea	Ruellia tuberosa	Effets allélopathiques et phytotoxiques, potentiel bioherbicide.	(Susanto, & <i>et al.</i> (2024)
Revue / Gestion	Cyperus rotundus, Eichhornia crassipes, Lantana camara	Divers	L'allélopathie identifiée comme mécanisme d'invasion et outil de gestion.	(Raj, <i>et al.</i> (2018)
Arbre vs. Native	Broussonetia papyrifera	Espèces indigènes	Les extraits de tiges et de racines ont montré une activité allélopathique significative dans l'aire d'introduction.	(Combalicer, , <i>et al.</i> (2019)
Inventaire	Plusieurs espèces invasives	Divers	Documentation de l'occurrence et de la distribution des espèces végétales exotiques envahissantes dangereuses.	(Saraogi & (2022)) <i>et al.</i>



Inventaire	Plusieurs espèces invasives	Divers	Enquête sur les plantes invasives le long d'un sentier de randonnée.	(Septiadi, <i>et al.</i> (2018)
Inventaire	Plusieurs espèces invasives	Divers	Inventaire des plantes exotiques envahissantes ; potentiel allélopathique élevé noté pour certaines espèces.	(Sekar, <i>et al.</i> (2015)
Inventaire	Plusieurs espèces invasives	Divers	Évaluation de la distribution et des impacts écologiques potentiels en Afrique de l'Est.	(Witt, & <i>et al.</i> (2018)
Inventaire	Plusieurs espèces invasives	Divers	Inventaire des espèces exotiques envahissantes dans les collines d'Anuvavi.	(Jamuna, <i>et al.</i> (2024))
Gestion	Parthenium hysterophorus	Parthenium hysterophorus	Exploration de méthodes de gestion écologiques, incluant l'usage de plantes allélopathiques.	(Ojija (2022)
Dépistage (Screening)	Mauvaises herbes de Malaisie, plantes médicinales	Diverses	Évaluation du potentiel allélopathique ; identification de candidats pour le développement de bioherbicides.	(Ishak, <i>et al.</i> (2021)

3.1.1.8 Propriétés allélopathiques des espèces arborées et agroforestières pour une gestion durable

L'intégration des arbres dans les systèmes agricoles apporte de nombreux avantages écologiques et économiques, notamment l'amélioration de la fertilité des sols, le stockage du carbone et la diversification des revenus. Toutefois, plusieurs études montrent que ces espèces peuvent également exercer des effets allélopathiques importants sur les cultures et la végétation associée. Les 26 travaux



analysés dans cette revue mettent en évidence le rôle central de l'allélopathie dans les systèmes agroforestiers, où elle peut être bénéfique pour la lutte contre les mauvaises herbes, mais aussi nuisible aux cultures lorsqu'elle n'est pas correctement maîtrisée.

Parmi les espèces les plus étudiées figure *Leucaena leucocephala*, souvent utilisée comme modèle ou espèce de comparaison. Une étude distingue deux formes principales: le «giant leucaena», utilisé en agroforesterie pour le bois et le fourrage, et le « common leucaena », considéré comme une espèce envahissante (Bageel, *et al.* (2020)). Cette distinction est importante, car l'espèce peut représenter à la fois une ressource utile et un risque pour les cultures associées.

Plusieurs recherches ont évalué les effets allélopathiques des arbres sur les cultures agricoles. Les extraits foliaires de *Butea monosperma* ont réduit la germination et la croissance de cultures de saison hivernale et estivale (Prasad, *et al.* (2016) , Prasad, , *et al.* (2015)). De même, *Pueraria javanica* a montré une forte inhibition sur plusieurs adventices, suggérant son potentiel comme bioherbicide naturel (HALIMSHAH, *et al.* (2016)). Les extraits de *Piper aduncum* ont affecté la germination de *Vigna radiata* (Casas, , *et al.* (2024), tandis que *Populus nigra* a présenté une activité herbicide marquée contre six espèces de mauvaises herbes (Muhammad, *et al.* (2019)).

D'autres espèces agroforestières et plantes de couverture ont également révélé un potentiel allélopathique intéressant. Les extraits de *Turnera subulata* ont montré des effets variables selon le solvant utilisé (Aridi, , *et al.* (2023)), soulignant l'importance de la méthode d'extraction. Chez *Crotalaria juncea* (sunn hemp), des différences importantes entre accessions ont été observées, ouvrant la voie à la sélection de variétés plus suppressives vis.à.vis des adventices (Javaid, , *et al.* (2015)). Les extraits de *Mucuna bracteata* ont fortement inhibé *Eleusine indica*, ce qui confirme l'intérêt de cette espèce comme paillage vivant en agroforesterie (Muhammad, , , *et al.* (2019)).

Certaines études ont mis en évidence les risques associés aux interactions allélopathiques entre arbres et cultures. Les espèces *Calotropis procera* et *Eucalyptus* ont inhibé la germination et la croissance d'arbres forestiers (Shetta, , *et al.* (2017)), tandis que *Vachellia nilotica* a réduit le développement de la pastèque (*Citrullus lanatus*) (Bogelil & Salim (2025). Une évaluation réalisée sur plusieurs arbres cultivés sur sols BRIS a également confirmé la présence d'activités allélopathiques variables selon les espèces (Saâ, , *et al.* (2018)).

Des recherches ont aussi montré que les interactions peuvent fonctionner dans les deux sens. Les extraits de *Trifolium alexandrinum* ont inhibé la germination de *Prosopis cineraria* (Ebrahimi, *et al.*



(2016)), démontrant qu'une plante herbacée peut aussi affecter une espèce arborée. De son côté, la litière de *Melia composita* a provoqué un effet inhibiteur temporaire sur le pois chiche (*Cicer arietinum*), effet qui diminuait progressivement avec le temps (Thakur, (2017)).

Certaines études se sont intéressées aux mécanismes cellulaires de l'allélopathie. Les extraits d'*Alstonia scholaris* ont causé des dommages ultrastructuraux aux chloroplastes et mitochondries du blé (*Triticum aestivum*) (Hameed, , *et al.* (2020)). Les extraits d'*Arum cyreniacum* (Alaila (2022)) et d'*Olax subscorpioidea* (Olubode & Ayoola (2020)) ont également réduit significativement la germination et la croissance de plusieurs cultures légumineuses et céréalières.

Le genre *Eucalyptus*, largement utilisé en agroforesterie, est régulièrement cité pour son fort potentiel allélopathique. Les études ont confirmé ses effets inhibiteurs sur la germination et la croissance de nombreuses cultures agricoles (Regu (2018)). De même, *Pinus roxburghii* a limité le développement de *Bidens pilosa* grâce à la présence de composés phénoliques dans sa litière (Sharma, *et al.* , (2016)).

Dans les systèmes agroforestiers traditionnels de l'Himalaya, plusieurs espèces arborées ont montré des effets inhibiteurs variables selon les cultures concernées (vasishth, , *et al.* (2020)). Les extraits de *Flemingia semialata* ont réduit la croissance du maïs et du riz (Lalremsang, , *et al.* (2017)), tandis que certaines plantes médicinales étudiées en agroforesterie ont révélé des interactions chimiques complexes avec les autres composantes du système (Cao, , *et al.* (2025)).

Une étude originale a montré qu'une communauté herbacée indigène pouvait limiter l'expansion de l'espèce ligneuse *Betula fruticosa* (Wang, *et al.* (2024)), suggérant que certaines végétations naturelles peuvent agir comme une barrière écologique contre des espèces envahissantes telles que *Leucaena leucocephala*. Dans le même contexte, d'autres travaux ont révélé que certains extraits végétaux pouvaient stimuler la germination et la croissance à faibles concentrations, mais devenir inhibiteurs à des doses plus élevées (Silva, *et al.* (2024)). Par ailleurs, dans les systèmes agroforestiers à base de peuplier, les extraits de *Populus deltoides* ont réduit la germination et la croissance du blé (Garima *et al.* (2017), tandis que les extraits de teck (*Tectona grandis*) ont inhibé le développement de *Plumbago zeylanica*, une plante médicinale cultivée sous couvert forestier (Biswaset *al.* (2016). Ensemble, ces résultats montrent que l'allélopathie influence fortement les interactions biologiques au sein des systèmes agroforestiers. Bien qu'elle puisse être exploitée comme méthode écologique de lutte contre les adventices, son utilisation nécessite une gestion attentive afin de limiter les effets négatifs sur les cultures et les espèces associées.

Tableau III-5: Résumé des propriétés allélopathiques des espèces d'arbres et d'agroforesterie pour une gestion durable.

Espèces d'arbres / agroforesterie	Espèces cibles	Effets observés	Principales conclusions / Implications	Source
<i>Leucaena leucocephala</i> (géante vs commune)	Général	Potentiel allélopathique ; nature duale	La variété géante est polyvalente pour l'agroforesterie ; la variété commune est invasive ; l'allélopathie doit être gérée.	(Bageel, & (2020) <i>et al.</i>
<i>Butea monosperma</i>	Cultures de saison d'hiver (rabi)	Inhibition de la germination et de la croissance	Potentiel allélopathique des espèces d'arbres sur les cultures ; contexte comparatif pour <i>L. leucocephala</i> .	(Prasad, <i>et al.</i> (2016))
<i>Pueraria javanica</i>	Trois espèces de mauvaises herbes sélectionnées	Inhibition de la germination et de la croissance	Potentiel allélopathique comparable à <i>L. leucocephala</i> ; candidat pour le développement de bioherbicides.	(HALIMSHAH, (2016)) <i>et al.</i>
<i>Piper aduncum</i>	<i>Vigna radiata</i> (organisme modèle)	Inhibition de la germination	Phytotoxicité générale ; contexte comparatif pour les effets de <i>L.</i>	(Casas, <i>et al.</i> (2024)



			leucocephala sur les légumineuses.	
Populus nigra	Six espèces de mauvaises herbes	Activité herbicide significative		(Muhammad, <i>et al.</i> (2019))
Turnera subulata	Plantes et mauvaises herbes sélectionnées	Activité allélopathique variable	Le choix du solvant affecte l'extraction des composés bioactifs ; perspective méthodologique.	(Aridi <i>et al.</i> (2023))
Crotalaire (Crotalaria juncea)	Général	Variation du potentiel allélopathique selon les accessions	Potentiel de sélection ou de sélection de cultures de couverture ayant des capacités accrues de suppression des mauvaises herbes.	(Javaid, <i>et al.</i> (2015))
Mucuna bracteata	Eleusine indica	Inhibition de la germination et de la croissance	Soutient l'utilisation de Mucuna comme paillis vivant pour la suppression des mauvaises herbes.	(Halimshah, & (2015) <i>et al.</i>)
Butea monosperma	Légumineuses d'été	Inhibition de la germination et de la vigueur des plantules	Problèmes allélopathiques liés à l'accumulation d'allélochimiques dans le sol ;	(Prasad, , <i>et al.</i> (2015))



			nécessite une gestion prudente.	
Calotropis procera, Eucalyptus spp.	Arbres d'œuvre	Inhibition de la germination et de la croissance	Les interactions allélopathiques entre espèces d'arbres doivent être prises en compte dans l'agroforesterie multi.strates.	(Shetta, <i>et al.</i> (2017))
Vachellia nilotica	Pastèque (Citrullus lanatus)	Inhibition de la germination et du développement	Le potentiel allélopathique peut nuire aux cultures ; potentiel pour la gestion des mauvaises herbes.	(Bogelil & <i>et al.</i> (2025)
Espèces d'arbres sélectionnées (sols BRIS)	Général	Activité allélopathique	Évaluation comparative pour la sélection d'espèces en agroforesterie sur sols problématiques.	(Saâ, , <i>et al.</i> (2018))
Trifolium alexandrium	Prosopis cineraria	Inhibition de la germination et de la croissance	Une légumineuse herbacée peut avoir des effets allélopathiques négatifs sur les jeunes arbres.	(Ebrahimi, , <i>et al.</i> (2016))
Melia composita	Pois chiche (Cicer arietinum)	Effet allélopathique transitoire	L'importance de la dynamique temporelle	(Thakur, & <i>et al.</i> (2017))



			(libération et dégradation des substances) est soulignée.	
Alstonia scholaris	Blé (Triticum aestivum)	Dommages ultrastructuraux (chloroplastes, mitochondries)	Aperçu mécanistique du mode d'action des composés allélochimiques.	(Hameed, <i>et al.</i> (2020))
Arum cyreniacum	Cultures de légumineuses	Inhibition de la germination	Le potentiel allélopathique doit être impérativement pris en compte dans les systèmes agroforestiers.	(Alaila (2022))
Olex subscorpioidea	Maïs (Zea mays)	Inhibition de la germination et de la croissance	Le potentiel allélopathique pourrait nuire aux cultures céréalières.	(Olubode & <i>et al.</i> (2020))
Eucalyptus spp.	Cultures agricoles	Inhibition de la germination et de la croissance	Confirme sa réputation allélopathique bien connue ; données cruciales pour les agriculteurs.	(Regu (2018))
Pinus roxburghii	Bidens pilosa (sous.bois)	Inhibition de la germination et de la croissance	Les composés phénoliques de la litière sont responsables de sa	(Sharma, <i>et al.</i> (2016))



			dominance compétitive.	
Espèces d'arbres (Himalaya du Garhwal)	Cultures traditionnelles	Inhibition de la germination et de la croissance	Le potentiel varie selon l'arbre et la culture ; précieux pour les agriculteurs locaux.	(Avasishth, <i>et al.</i> (2020))
Flemingia semialata	Maïs, riz	Inhibition de la croissance des plantules	De nombreux arbres légumineux ont des propriétés allélopathiques à gérer.	(Lalremsang, <i>et al.</i> (2017))
Deux plantes médicinales	Composants du système agroforestier	Interactions allélopathiques	Écologie chimique complexe des écosystèmes gérés.	(Cao , <i>et al.</i> (2025)
Communauté herbacée indigène	Betula fruticosa (expansion ligneuse)	Fort effet allélopathique	La végétation indigène peut servir de barrière naturelle à l'expansion des espèces ligneuses.	(Wang, <i>et al.</i> (2024))
Extraits de plantes multiples (incl. L. leucocephala)	Laitue, maïs	Promotion ou inhibition de la germination	Les extraits de plantes peuvent être des promoteurs ou des inhibiteurs de croissance selon l'espèce et la concentration.	(Silva, (2024) <i>et al.</i>



Populus deltoides	Blé (Triticum aestivum)	Inhibition de la germination et de la croissance	Le potentiel allélopathique du peuplier doit être pris en compte dans l'agroforesterie à base de peuplier.	(Garima <i>et al.</i> (2017))
Tectona grandis (teck)	Plumbago zeylanica (plante médicinale)	Inhibition de la germination et de la croissance	Implications pour la gestion des produits forestiers non ligneux dans les plantations de teck.	(Biswas <i>et al.</i> (2016))

Les études analysées confirment que l'allélopathie joue un rôle majeur dans le fonctionnement des systèmes agroforestiers. De nombreuses espèces arborées, notamment *Leucaena leucocephala*, produisent des composés allélopathiques capables de limiter le développement des adventices, offrant ainsi une alternative écologique aux herbicides chimiques. Toutefois, ces mêmes composés peuvent également inhiber la germination et la croissance des cultures associées, ce qui peut affecter la productivité agricole. L'utilisation durable de l'allélopathie en agroforesterie dépend donc d'une bonne compréhension des interactions entre espèces, des effets liés aux concentrations et de la persistance des composés dans le milieu. Certaines espèces, comme *Mucuna bracteata* et le sunn hemp, présentent un fort potentiel pour la gestion naturelle des mauvaises herbes, tandis que d'autres, comme *Eucalyptus* et *Populus*, peuvent avoir des effets négatifs sur les cultures. Ainsi, une gestion efficace des systèmes agroforestiers nécessite un équilibre entre les avantages du contrôle des adventices et la protection des cultures ainsi que de la stabilité de l'écosystème.

3.1.1.9 Application de l'allélopathie dans la gestion durable des adventices et le développement de bioherbicides

Les recherches regroupées dans ce thème montrent comment les connaissances fondamentales sur l'allélopathie peuvent être progressivement transformées en solutions concrètes de lutte contre les mauvaises herbes. Même si les études restent encore limitées, elles offrent une vision claire des enjeux



scientifiques, méthodologiques et appliqués liés au développement de bioherbicides et à leur intégration dans des systèmes agricoles durables.

Une synthèse importante met en avant le potentiel des composés allélopathiques comme alternatives naturelles aux herbicides chimiques (Li, *et al.* (2019)). Elle souligne notamment que certaines espèces, comme *Sesbania virgata*, peuvent inhiber la croissance d'autres plantes invasives telles que *Leucaena leucocephala*, ce qui ouvre des perspectives intéressantes: utiliser une plante allélopathique pour en contrôler une autre. Cette approche met aussi en évidence un point essentiel: l'efficacité de l'allélopathie dépend fortement des interactions entre composés chimiques, sol et espèces cibles, ce qui impose une vision écologique globale.

Cependant, la mise en évidence réelle de l'allélopathie en conditions naturelles reste complexe. Une étude méthodologique insiste sur la difficulté de distinguer les effets allélopathiques de la simple compétition pour les ressources (Duke (2015)). Elle recommande des protocoles rigoureux (charbon actif, essais en conditions contrôlées, analyse des composés du sol) afin d'éviter les interprétations biaisées. Ce point est crucial pour les travaux sur *L. leucocephala*, souvent limités à des essais de laboratoire.

Dans une perspective plus appliquée, un cadre de gestion durable propose l'intégration des plantes allélopathiques dans les systèmes agricoles via le paillage, les cultures associées ou les extraits végétaux utilisés comme bioherbicides (Nornasuha *et al.* (2017)). Cette approche valorise la biomasse végétale comme ressource écologique capable de réduire l'usage des herbicides chimiques.

Des résultats expérimentaux confirment ensuite le potentiel de certains composés isolés. Par exemple, le 2,4-di.tert.butylphénol montre une forte activité inhibitrice sur la germination et la croissance de plusieurs adventices, y compris *L. leucocephala* elle-même (Chuah, *et al.* (2016)). Cela suggère que certaines molécules issues de plantes pourraient être utilisées pour contrôler cette espèce invasive, ouvrant la voie à des bioherbicides ciblés.

De manière similaire, la momilactone B, issue du riz, a montré une efficacité importante contre plusieurs mauvaises herbes (Minh & Xuan (2024)). Ce cas illustre qu'il est possible d'exploiter des composés naturels dans des systèmes agricoles réels, notamment via la sélection variétale de cultures à fort potentiel allélopathique. Les études sur les bioherbicides montrent qu'ils constituent une alternative durable aux herbicides synthétiques, mais ils présentent encore des limites en termes de



stabilité, d'efficacité et de coût. Les plantes allélopathiques, comme *Leucaena leucocephala*, sont une source prometteuse, mais leur exploitation à grande échelle reste difficile.

Tableau III-6: Résumé des études sur l'application de l'allélopathie dans la gestion durable des mauvaises herbes et le développement de bioherbicides.

Domaine d'Application	Mécanisme / Approche	Focus Spécifique / Composé	Principaux Résultats	Source
Gestion Durable des Mauvaises Herbes	Cadres Conceptuels	Principes généraux et revues de l'allélopathie pour le contrôle des adventices	L'allélopathie offre un potentiel pour réduire la dépendance aux herbicides synthétiques ; <i>Sesbania virgata</i> peut supprimer <i>L. leucocephala</i> .	(Li <i>et al.</i> (2019))
	Preuve d'interaction culture.adve n tice	Conceptions expérimentales rigoureuses	Des protocoles expérimentaux rigoureux sont essentiels pour démontrer de manière concluante l'allélopathie ; défis dans la distinction avec la compétition.	(Duke (2015))
	Revue générale de l'approche allélopathiq ue	Approche globale	Les substances allélochimiques peuvent être utilisées comme herbicides naturels ou intégrées dans les systèmes de culture ; double avantage de la suppression des adventices et du développement de bioherbicides.	(Nornasuha <i>et al.</i> (2017))
Agents de Lutte Biologique	Utilisation de composés	Momilactone B	La Momilactone B du riz présente une activité allélopathique élevée	(Minh <i>et al.</i> (2024))



	allélochimiques spécifiques		contre les mauvaises herbes nuisibles ; stratégie viable pour une gestion durable.	
Développement de Bioherbicides	Alternatives aux herbicides synthétiques	Extraits de plantes (ex: L. leucocephala, B. pilosa)	Le 2,4.DTBP issu d'Imperata cylindrica inhibe L. leucocephala et d'autres herbes ; fort potentiel pour la création de bioherbicides.	(Chuah, <i>et al.</i> (2016))
	Concepts généraux et alternatives durables	Défis et perspectives	Les bioherbicides sont une voie prometteuse pour une gestion durable ; des défis subsistent en formulation, stabilité et efficacité.	) Rout <i>et al.</i> (2026)
	Action de composés spécifiques	2,4.di.tert.butylph énol (2,4.DTBP)	Le 2,4.DTBP montre une activité herbicide significative une fois incorporé au sol ; sert de modèle méthodologique d'évaluation.	(Chuah, <i>et al.</i> (2016))
	Allélopathie de Sesbania virgata sur L. leucocephala	Interaction spécifique	Sesbania virgata peut supprimer L. leucocephala ; suggère l'utilisation d'une espèce allélopathique pour en contrôler une autre.	Li (2019)

3.1.1.10 Impacts écologiques des invasions végétales et interactions communautaires

Les invasions végétales ne se limitent pas à un simple remplacement des espèces natives ; elles résultent souvent d'interactions chimiques complexes qui modifient en profondeur la structure des communautés et le fonctionnement des écosystèmes. Les études regroupées dans ce thème montrent



que l'allélopathie, notamment chez *Leucaena leucocephala*, constitue un facteur déterminant du succès des espèces invasives et de la dynamique des communautés végétales.

Une étude fondatrice a montré que le succès des plantes invasives repose en grande partie sur leur capacité à produire des composés allélopathiques qui inhibent la germination et la croissance des espèces natives (Yuan, *et al.* (2021)). Ce mécanisme leur confère un avantage compétitif important et favorise la formation de peuplements denses et monospécifiques, comme ceux observés chez *L. leucocephala*.

Dans une perspective appliquée, le recours au fumier vert a été analysé pour son rôle dans l'amélioration des sols et la suppression des adventices (Chimouriya, , *et al.* (2018)). Les résultats indiquent que la biomasse végétale peut à la fois enrichir le sol et limiter la croissance des mauvaises herbes grâce à ses effets allélopathiques. Dans ce contexte, la biomasse de *L. leucocephala* pourrait être exploitée pour améliorer la fertilité des sols tout en exerçant une pression inhibitrice sur certaines espèces indésirables, tout en restant attentif à ses effets non sélectifs sur les cultures.

Les systèmes agroforestiers tropicaux confirment également cette fonction double de l'allélopathie (Dissanayaka,*et al.* (2024). Les litières et exsudats racinaires des arbres contribuent à réduire la pression des adventices, et *L. leucocephala* y est citée comme une espèce particulièrement active sur le plan allélopathique. Ce caractère explique à la fois son intérêt en systèmes agricoles gérés et sa capacité à devenir envahissante en milieux naturels.

Une étude a mis en évidence un résultat contre-intuitif concernant la diversité des communautés végétales (Yuan, *et al.* (2022)). Une forte diversité pourrait réduire la résistance allélopathique globale d'une communauté, créant ainsi des conditions plus favorables à l'installation d'espèces invasives comme *L. leucocephala*. Cette dynamique peut conduire à un affaiblissement progressif des communautés natives face à l'invasion.

Une analyse critique de la notion d'espèce invasive rappelle que les classifications de type "mauvaise herbe" ou "espèce exotique envahissante" ne reposent pas uniquement sur des critères biologiques (Kull(2018)). Des espèces comme *Mimosa pigra*, *L. leucocephala* et *Prosopis* spp. sont concernées par ces classifications, qui résultent également de considérations économiques, sociales et politiques. Cette approche invite à considérer les invasions végétales dans un cadre plus large que la seule écologie.



Sur le plan de la gestion écologique, le biochar apparaît comme une option intéressante pour atténuer les effets des invasions (Sujeeun & SC Thomas (2023)). Sa capacité à adsorber les composés allélopathiques permet de réduire leur impact sur les espèces natives et de faciliter la restauration des écosystèmes. Cette stratégie pourrait être particulièrement pertinente pour neutraliser les effets résiduels de *L. leucocephala*, notamment ses composés bioactifs comme la mimosine.

Une étude sur les formations monodominantes d'*Attalea phalerata* met en évidence un mécanisme écologique comparable reposant sur l'allélopathie (Oliveira, , et al. (2023)). Comme *L. leucocephala*, cette espèce forme des peuplements denses en inhibant l'établissement d'autres plantes, ce qui illustre le rôle structurant de l'allélopathie dans les écosystèmes tropicaux.

Ces travaux montrent que les invasions végétales résultent d'interactions écologiques complexes où l'allélopathie occupe une place centrale (Yuan, et al. (2021) –Oliveira, , et al. (2023)). Ils mettent également en évidence que les propriétés chimiques de *L. leucocephala* peuvent être à la fois bénéfiques dans les systèmes agroforestiers et problématiques dans les écosystèmes naturels, ce qui souligne l'importance de stratégies de gestion intégrées prenant en compte les dimensions écologiques et socioenvironnementales.

3.1.2 Discussion

La synthèse des résultats issus de cette revue systématique met en évidence une vision à la fois cohérente et complexe du potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala* contre les adventices. À travers les 83 études analysées, un constat majeur se dégage: *L. leucocephala* possède une activité allélopathique forte et dose-dépendante, efficace sur un large éventail d'espèces végétales, incluant à la fois cultures et mauvaises herbes. Cette activité est principalement attribuée à la mimosine et à divers composés phénoliques, agissant par plusieurs mécanismes complémentaires tels que la chélation des ions métalliques, la perturbation de la synthèse des protéines et l'induction du stress oxydatif (Sahid, , et al. (2017) –Chuah, et al. (2015)). La convergence de ces résultats, observée dans différents systèmes expérimentaux, renforce l'idée que cette espèce constitue une source prometteuse pour le développement de bioherbicides.

Un résultat marquant concerne toutefois le déséquilibre thématique des recherches. Malgré un intérêt général pour l'allélopathie de *L. leucocephala*, très peu d'études se concentrent directement sur son effet ciblé contre des espèces adventices spécifiques. Seules cinq études ont réellement évalué ses effets sur des mauvaises herbes et la flore native (Peng, et al. (2019) –Mishra, , et al. (2023)). Cette



situation montre que la recherche s'est surtout orientée vers des approches générales ou comparatives, au détriment d'études expérimentales précises et orientées vers des applications pratiques.

Sur le plan théorique, ces résultats confirment que l'allélopathie joue un rôle central dans le succès invasif de *L. leucocephala* (Yuan, *et al.* (2021)). Sa capacité à produire des composés bioactifs inhibant la croissance des espèces concurrentes explique en partie la formation de peuplements denses et monospécifiques. Une avancée conceptuelle importante est également apportée par l'idée que la diversité des communautés végétales peut parfois réduire leur résistance à l'invasion allélopathique (Yuan, *et al.* (2022)). Ce résultat suggère que les écosystèmes riches en espèces pourraient paradoxalement être plus vulnérables, en raison de la dilution des effets chimiques protecteurs.

D'un point de vue appliqué, les résultats montrent un réel potentiel pour le développement de bioherbicides à base de *L. leucocephala*. La mimosine représente une molécule clé, bien caractérisée sur le plan fonctionnel, tandis que les composés phénoliques, comme le 2,4.DTBP, pourraient renforcer l'efficacité via des actions synergiques (Sahid, *et al.* (2017) , Chuah, *et al.* (2015)). Cependant, plusieurs limites freinent encore cette application. La toxicité non sélective de la mimosine sur certaines cultures constitue un obstacle majeur (Boaprem (2019) Kalpana & MK Navin (2015) , Khare, *et al.* (2016)), même si certaines différences de sensibilité entre variétés cultivées et adventices suggèrent une possible marge d'optimisation (Ishak, *et al.* (2021)).

L'une des principales limites de la littérature actuelle concerne la forte prédominance des études en conditions contrôlées (laboratoire et serre). Ces approches, bien qu'utiles pour comprendre les mécanismes, ne reproduisent pas la complexité des conditions naturelles où les allelocomposés subissent dégradation, adsorption et interactions multiples avec le sol et les micro.organismes. Une étude méthodologique souligne d'ailleurs la difficulté de distinguer clairement l'allélopathie de la compétition en conditions réelles (Duke (2015)). Cette limite réduit la portée des conclusions pour les applications agricoles.

La présente revue comporte également certaines limites. La restriction aux publications en anglais peut avoir exclu des travaux importants issus de régions tropicales où *L. leucocephala* est largement étudiée. De même, l'exclusion de la littérature grise (thèses, rapports techniques) peut avoir entraîné une perte d'informations pertinentes. Le risque de biais de publication, favorisant les résultats positifs, ainsi que les contraintes liées au processus de sélection, peuvent également influencer la représentation globale des résultats.



Plusieurs perspectives de recherche se dégagent clairement. Il apparaît nécessaire de renforcer les études ciblées sur des espèces adventices spécifiques, en utilisant des protocoles standardisés permettant la comparaison des résultats. L'exploration de la sélectivité entre cultures et mauvaises herbes reste également essentielle pour envisager une application agricole réaliste. Les résultats prometteurs observés chez le riz (Ishak, *et al.* (2021)) devraient être testés sur d'autres systèmes culturaux.

Sur le plan mécanistique, l'étude des interactions entre la mimosine et les composés phénoliques pourrait permettre de développer des formulations plus efficaces (Sahid, *et al.* (2017) –Chuah, *et al.* (2015)). L'utilisation d'outils modernes comme la métabolomique ou la transcriptomique pourrait approfondir la compréhension des voies biologiques impliquées.

Un autre axe prioritaire concerne le comportement environnemental des composés allélopathiques: leur persistance dans le sol, leur dégradation et leurs effets sur les organismes non ciblés doivent être mieux connus avant toute application à grande échelle. Les études en conditions réelles sont également indispensables pour valider les résultats obtenus en laboratoire et évaluer l'efficacité des extraits ou de la biomasse dans des systèmes agricoles ou naturels.

Plusieurs pistes encore peu explorées méritent attention, notamment l'intégration de *L. leucocephala* dans des stratégies de gestion intégrée des adventices, combinant méthodes culturales, mécaniques et biologiques. L'évaluation économique des bioherbicides, ainsi que l'analyse des perceptions des agriculteurs et des décideurs, constitue également un élément essentiel pour leur adoption future. Une perspective intéressante concerne aussi l'utilisation potentielle d'allelocomposés issus d'autres espèces pour contrôler *L. leucocephala* elle-même (Chuah, *et al.* (2016)), ouvrant la voie à des approches écologiques innovantes et circulaires.

Résumé

Leucaena leucocephala est une espèce invasive connue pour sa croissance rapide et sa forte capacité de compétition avec les autres plantes. Cependant, son potentiel comme source naturelle de bioherbicides reste encore peu exploité. Cette revue systématique avait pour objectif de rassembler et d'analyser les études portant sur les effets allélopathiques de *L. leucocephala* sur les mauvaises herbes, afin d'évaluer son intérêt pour une gestion durable des adventices.

Les études sélectionnées montrent que les extraits aqueux, la litière foliaire et les exsudats racinaires de *L. leucocephala* inhibent fortement la germination et la croissance initiale de nombreuses espèces adventices. Les principaux composés responsables de ces effets sont la mimosine et différents composés phénoliques, capables de perturber la respiration cellulaire, de réduire la teneur en chlorophylle et de provoquer un stress oxydatif chez les plantes ciblées.

Les résultats mettent en évidence un effet allélopathique puissant et généralement dépendant de la concentration, avec une certaine sélectivité puisque certaines mauvaises herbes apparaissent plus sensibles que plusieurs cultures agricoles. Ainsi, *L. leucocephala* représente une source prometteuse de bioherbicides naturels. Néanmoins, des recherches complémentaires restent nécessaires, notamment en conditions de terrain et pour le développement de formulations stables et efficaces.

Cette synthèse fournit donc une base scientifique importante pour orienter les futurs travaux sur l'utilisation écologique et durable de *L. leucocephala* dans la lutte contre les mauvaises herbes.



3.2 Potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala* sur les mauvaises herbes : une revue systématique de la littérature

Introduction :

L'augmentation de la demande mondiale en production alimentaire exerce une forte pression sur les systèmes agricoles, où les mauvaises herbes demeurent l'un des principaux facteurs de pertes de rendement et de qualité des cultures (Pacanoski & A Mehmeti (2021)). Pendant longtemps, la lutte contre ces adventices a reposé principalement sur les herbicides chimiques. Bien qu'efficaces à court terme, leur usage intensif a entraîné de nombreux problèmes, notamment l'apparition de mauvaises herbes résistantes — plus de 500 cas recensés dans plus de 260 espèces (Délye, Jasieniuk & Le Corre (2013)) — ainsi que la contamination des sols et des eaux, les effets négatifs sur les organismes non ciblés et les risques pour la santé humaine et animale (Oaya, Malgwi, Degri, *et al.* (2019). Ces limites renforcent la nécessité de développer des méthodes de lutte plus durables et respectueuses de l'environnement.

Dans ce contexte, l'allélopathie apparaît comme une alternative prometteuse. Ce phénomène correspond aux effets bénéfiques ou inhibiteurs qu'une plante exerce sur une autre grâce à la libération de composés chimiques appelés allélochimiques (Cheng & Cheng (2015). Ces substances peuvent être diffusées par les racines, les résidus végétaux, la décomposition de la litière ou encore les exsudats foliaires. L'exploitation des plantes allélopathiques offre ainsi un double intérêt : fournir des molécules naturelles pouvant servir de bioherbicides et permettre leur intégration dans les systèmes agricoles via les cultures associées, les couverts végétaux ou les paillis organiques (Zeng, Mallik & Luo (2008).

Parmi les espèces les plus étudiées pour leur potentiel allélopathique figure *Leucaena leucocephala*, un arbre tropical à croissance rapide originaire d'Amérique centrale et du Mexique (Sharma, Kaur, Batish, Kaur, *et al.* (2022)). Utilisé en agroforesterie, comme fourrage, engrais vert ou source de bois, il s'est également révélé très envahissant dans plusieurs régions tropicales et subtropicales, où il forme des peuplements denses capables d'exclure la végétation locale (Kato-Noguchi & Kurniadie (2022)). Cette forte capacité de colonisation est largement liée à son activité allélopathique. L'espèce produit divers métabolites secondaires, notamment la mimosine, ainsi que des composés phénoliques, flavonoïdes et tanins (Page, McKenzie, Bossuyt, *et al.* (2021) The PRISMA 2020). Présents dans les feuilles, graines, racines et écorces, ces composés inhibent la germination et la croissance des plantes voisines.



Malgré l'abondance des travaux sur l'allélopathie de *L. leucocephala*, peu d'études de synthèse ont spécifiquement évalué son potentiel dans la gestion des mauvaises herbes. Les recherches précédentes se sont surtout concentrées sur ses effets généraux sur les cultures, les écosystèmes forestiers ou sa phytotoxicité globale (Boaprem (2019)). Il manque encore une analyse systématique des interactions entre ses allélochimiques et les espèces adventices ciblées, ainsi qu'une évaluation claire de leur efficacité, de leur sélectivité et de leur devenir environnemental.

Cette revue systématique vise donc à combler cette lacune en synthétisant de manière critique les connaissances disponibles sur le potentiel allélopathique de *Leucaena leucocephala* contre les mauvaises herbes. L'objectif est de mieux comprendre ses mécanismes d'action, ses possibilités d'application dans une gestion durable des adventices, mais aussi les limites et défis liés à son utilisation comme source de bioherbicides naturels.

3.2.1 Méthodologie

3.2.1.1 Protocole de revue

Cette revue systématique a été réalisée conformément aux recommandations PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) afin de garantir une démarche transparente, reproductible et rigoureuse (Page, *et al.* (2021)). Le processus de recherche et de sélection a été conçu pour identifier de manière exhaustive les études pertinentes portant sur le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica*.

Plusieurs bases de données scientifiques majeures ont été consultées: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, ainsi que Google Scholar en tant que source complémentaire. Chaque base a été choisie pour ses spécificités: Scopus pour sa couverture multidisciplinaire, Web of Science pour la qualité et l'impact des revues indexées, ScienceDirect pour l'accès aux articles en texte intégral dans les sciences de la vie, et PubMed pour les études liées aux activités biologiques et antimicrobiennes. Google Scholar a permis d'élargir la recherche à la littérature grise et aux revues régionales non indexées dans les bases principales.

Les équations de recherche ont été construites à l'aide d'opérateurs booléens et adaptées aux exigences de chaque base de données. Elles combinaient les termes liés à *Azadirachta indica* ou au neem avec des mots-clés relatifs à l'allélopathie, la phytotoxicité et l'inhibition de la germination ou de la croissance. Les requêtes ont été volontairement filtrées pour exclure les revues de littérature,



méta.analyses, éditoriaux et autres documents non expérimentaux, afin de ne conserver que les articles originaux.

De manière générale, les stratégies de recherche ont inclus des filtres spécifiques selon les bases: limitation aux articles scientifiques, exclusion des revues et sélection des études expérimentales. Les recherches ont été effectuées en janvier 2026 et couvrent l'ensemble des publications disponibles jusqu'à cette date.

3.2.1.2 Cadre analytique pour la synthèse thématique (résumé)

Afin d'organiser de manière cohérente la littérature hétérogène portant sur le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica*, nous avons élaboré un cadre analytique structuré autour de quatre dimensions principales et interconnectées. Ces axes ont été définis à partir d'une analyse exploratoire préliminaire des études disponibles et reflètent les grandes tendances thématiques identifiées dans la littérature.

La première dimension concerne les variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits. Elle regroupe les différentes approches expérimentales utilisées, notamment les parties de la plante exploitées (feuilles, graines, écorce), les solvants employés (eau, méthanol, éthanol), les méthodes d'extraction (macération, Soxhlet), ainsi que les concentrations et modes d'application (traitement des semences, pulvérisation foliaire, application au sol).

La deuxième dimension porte sur les effets allélopathiques sur la germination et la croissance des cultures. Elle analyse l'impact des extraits de neem sur des paramètres clés tels que le taux et la vitesse de germination, la croissance des racines et des tiges, ainsi que la vigueur des plantules, en mettant l'accent sur la dépendance à la dose et la sensibilité spécifique des espèces.

La troisième dimension explore le potentiel bioherbicide du neem contre les mauvaises herbes et les espèces invasives. Elle s'intéresse à l'effet inhibiteur des extraits sur la germination et le développement précoce des adventices, qu'elles soient monocotylédones ou dicotylédones, dans une perspective d'application en lutte biologique.

Enfin, la quatrième dimension examine les activités antimicrobiennes et antifongiques des extraits de neem contre divers agents pathogènes des plantes, qu'ils soient présents dans le sol ou sur les parties aériennes, en lien avec les stratégies de gestion intégrée des maladies.



Ce cadre analytique a permis de classer chaque étude selon son orientation principale et de comparer les résultats de manière structurée au sein de chaque thématique, facilitant ainsi une synthèse globale et cohérente des connaissances disponibles.

3.2.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion (résumé)

Afin de garantir la pertinence et la cohérence des études retenues, des critères d'inclusion et d'exclusion clairement définis ont été appliqués.

Les études incluses devaient répondre à plusieurs conditions: porter sur *Azadirachta indica* (neem) ou ses extraits, correspondre à des travaux expérimentaux originaux évalués par les pairs (laboratoire, serre ou plein champ), être publiées sous forme d'articles scientifiques, et rédigées en anglais. Aucune restriction temporelle n'a été imposée, couvrant ainsi l'ensemble des publications disponibles jusqu'en janvier 2026. Enfin, les études devaient aborder au moins une des dimensions centrales de la revue, à savoir les effets allélopathiques sur la germination ou la croissance des plantes, l'activité bioherbicide contre les adventices, ou les propriétés antimicrobiennes contre les pathogènes végétaux.

À l'inverse, ont été exclues toutes les publications de type revue, méta.analyse, éditorial, communication de conférence, chapitre d'ouvrage ou thèse. Les études ne présentant pas de données expérimentales originales ont également été écartées, tout comme celles se limitant à des propriétés insecticides, nématicides ou médicinales sans lien avec l'allélopathie ou la phytotoxicité. De même, les travaux ne fournissant pas de données quantitatives exploitables (telles que taux de germination, mesures de croissance ou zones d'inhibition) ont été exclus. Enfin, les articles non rédigés en anglais n'ont pas été retenus. L'application rigoureuse de ces critères a permis de maintenir la qualité scientifique, la comparabilité et la focalisation de la revue.

3.2.1.4 Processus de sélection des études (résumé)

La sélection des études a été réalisée en trois étapes successives — identification, criblage et éligibilité — conformément aux recommandations PRISMA (Page, , *et al.* (2021)), afin d'assurer une démarche rigoureuse et reproductible.

Lors de la phase d'identification, les recherches dans les bases de données ont permis de recueillir 496 références. Après suppression des doublons (16) et d'autres enregistrements non pertinents (21, notamment articles non anglais ou non scientifiques), 459 études ont été retenues pour la suite du processus.



Durant la phase de criblage, deux évaluateurs indépendants ont analysé les titres et résumés de ces 459 articles selon les critères d'inclusion et d'exclusion définis. Les divergences d'appréciation ont été résolues par consensus. Cette étape a conduit à l'exclusion de 357 études jugées non pertinentes, notamment celles portant sur des propriétés insecticides, médicinales ou sur des espèces végétales non liées au neem. Au final, 102 articles ont été retenus pour une analyse approfondie.

Lors de la phase d'éligibilité, les textes intégraux de ces 102 études ont été examinés en détail. Parmi eux, 53 articles ont été exclus: 37 en raison d'un manque de données exploitables, d'une absence d'approche expérimentale ou d'un lien insuffisant avec l'allélopathie ou les pathogènes végétaux, et 16 pour d'autres raisons telles que des doublons de publication ou des articles retirés.

Ainsi, 49 études ont été finalement incluses dans la revue systématique. L'ensemble du processus de sélection est présenté de manière synthétique dans le diagramme PRISMA (Figure 1), garantissant la transparence et la traçabilité de la méthodologie adoptée.

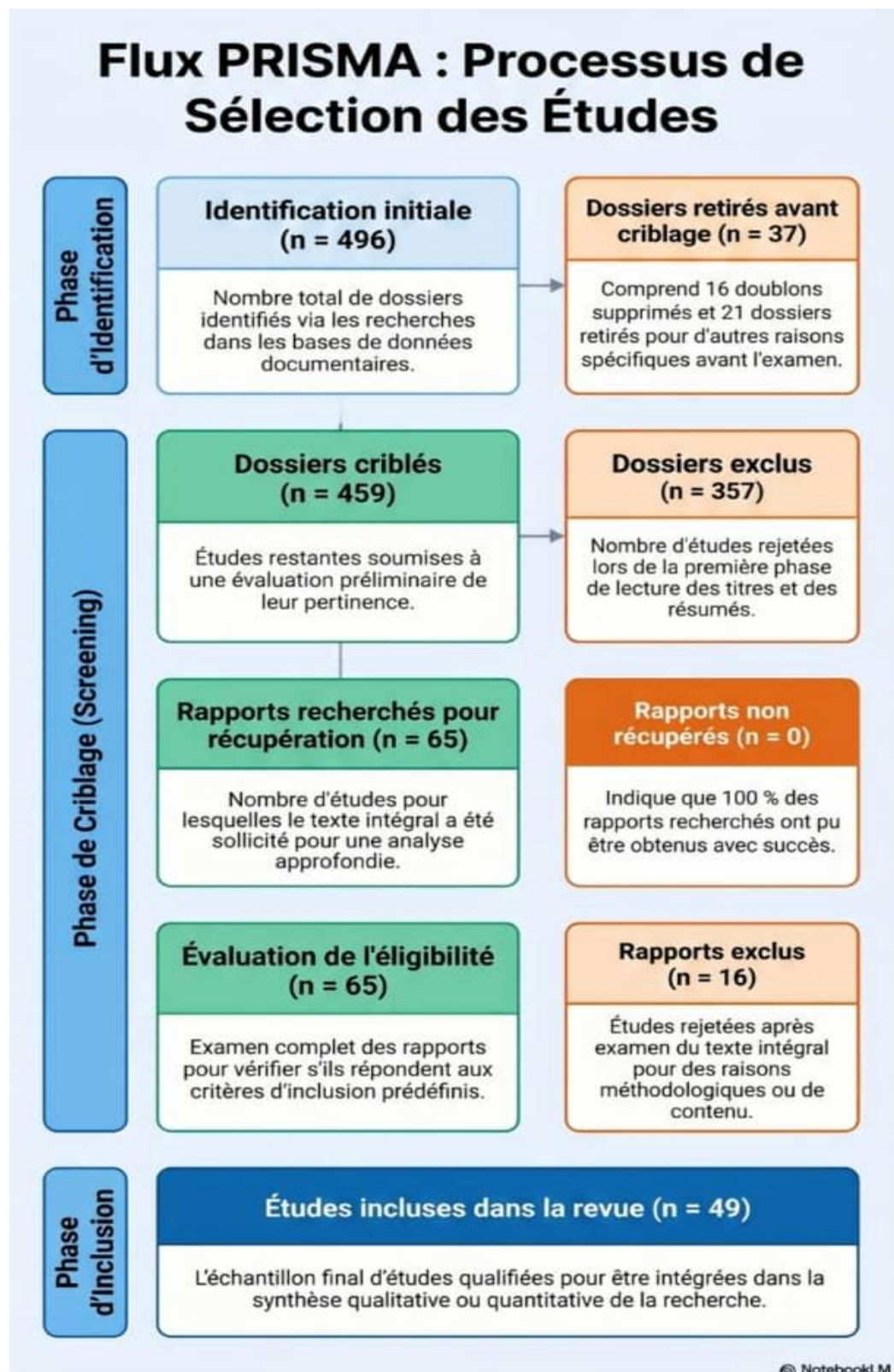


Figure III-2: PRISMA flowchart illustrating the study selection process for the systematic review on the allelopathic potential of *Azadirachta indica*.

Limites et biais potentiels (résumé)

Nous reconnaissons que le processus de sélection des études présente certaines limites et sources potentielles de biais. Tout d'abord, la restriction aux publications en langue anglaise peut avoir introduit un biais linguistique, excluant possiblement des travaux pertinents publiés dans d'autres langues, notamment dans des régions où le neem est largement étudié et utilisé comme l'Inde ou l'Asie du Sud-Est. Ensuite, l'exclusion de la littérature grise (thèses, actes de conférences, etc.) peut entraîner un biais de publication, dans la mesure où les résultats négatifs ou non concluants sont moins souvent publiés dans les revues scientifiques.

Par ailleurs, l'utilisation de termes de recherche spécifiques peut avoir limité l'identification de certaines études employant une terminologie différente, comme « phytotoxicité » au lieu d'« allélopathie », ou portant sur des composés précis tels que l'azadirachtine sans mention explicite du concept d'allélopathie. Afin de réduire ces biais, nous avons utilisé des équations de recherche larges et complété la stratégie par une recherche manuelle dans les listes de références des articles inclus. Malgré ces précautions, ces limites doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats de cette revue.

3.2.2 Résultats – 3.1 Tendances de recherche (résumé)

L'analyse temporelle des 49 études incluses montre un intérêt scientifique continu mais irrégulier pour le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica* au cours des deux dernières décennies.

La première période, antérieure à 2016, regroupe le plus grand nombre de travaux (19 études), ce qui témoigne d'un socle de recherche déjà solide sur les propriétés phytotoxiques du neem. Cette phase fondatrice a été suivie d'une augmentation notable entre 2016 et 2020, avec une production annuelle variant de 2 à 7 études et un pic en 2020 (7 études). Cette dynamique reflète l'intérêt croissant pour les bioherbicides naturels, porté par la recherche de solutions durables et la problématique croissante de la résistance aux herbicides chimiques.

En revanche, une baisse nette est observée après 2020, avec seulement quelques publications par an (2 en 2021, 2 en 2023, 1 en 2024 et 2 en 2025). Cette tendance pourrait indiquer une stabilisation ou une maturité progressive du domaine, voire un déplacement de l'intérêt scientifique vers d'autres espèces végétales ou axes de recherche.

L'analyse thématique des différentes dimensions de recherche révèle également des tendances spécifiques. Les effets du neem sur la germination et la croissance des cultures constituent la

thématique la plus constante dans le temps, avec 8 études avant 2016 et une présence régulière jusqu'en 2025. Cela souligne l'importance centrale de la question de la sélectivité, essentielle pour toute application agricole.

Les variations méthodologiques liées à la préparation des extraits sont surtout concentrées avant 2016 (5 études) et en 2020 (3 études), ce qui suggère une phase initiale d'exploration suivie d'une certaine standardisation des protocoles expérimentaux. Les recherches sur le potentiel bioherbicide contre les mauvaises herbes suivent une évolution similaire mais plus modérée, indiquant une continuité de l'intérêt sans expansion majeure.

Enfin, les activités antimicrobiennes et antifongiques représentent la dimension la moins étudiée, avec un nombre limité et dispersé de travaux. Cela met en évidence un champ encore peu exploré par rapport aux effets directs sur les plantes.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent que si le domaine repose sur des bases scientifiques solides, il entre aujourd'hui dans une phase de ralentissement relatif, avec des lacunes importantes, notamment en matière de standardisation méthodologique et d'exploration des propriétés antimicrobiennes.

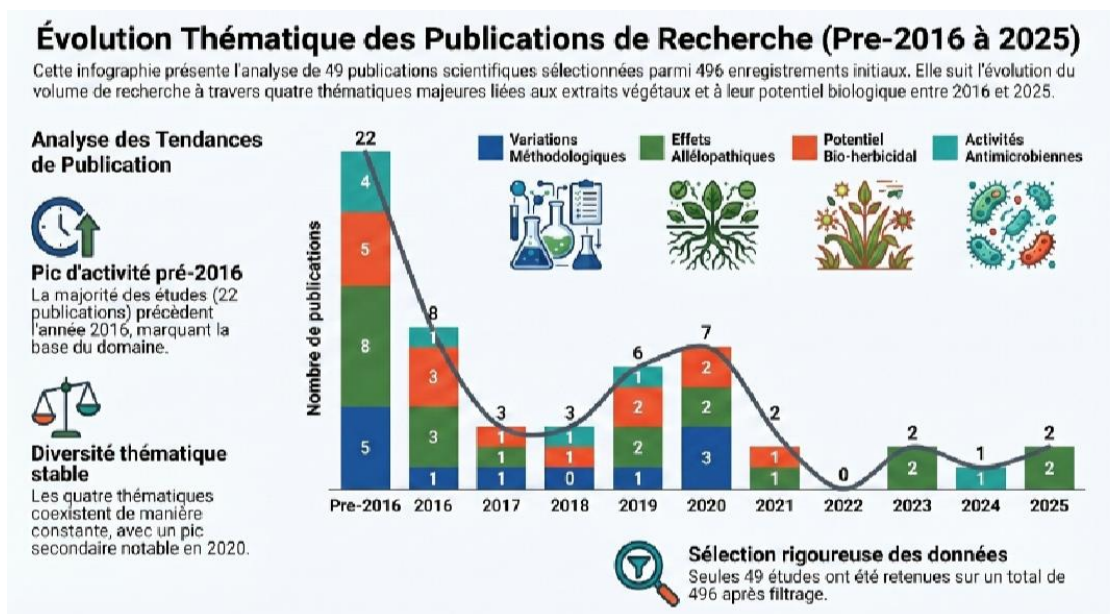


Figure III-3: Temporal distribution of publications on the allelopathic potential of *Azadirachta indica* from including studies published before 2016. 2016 to 2025



3.2 Variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits (résumé)

L'analyse des études incluses met en évidence une forte hétérogénéité des protocoles expérimentaux utilisés pour évaluer le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica*. Cette variabilité constitue un obstacle majeur à la comparaison des résultats et à la formulation de conclusions généralisables. Trois facteurs principaux expliquent ces différences: la partie de la plante utilisée, le type de solvant employé et le mode d'application des extraits.

Concernant la matière végétale, la feuille est de loin la partie la plus utilisée dans les études analysées. Plusieurs travaux se sont ainsi basés exclusivement sur des extraits aqueux de feuilles pour évaluer leurs effets sur la germination et la croissance des cultures (Abd El.Hamid, *et al.* (2017)) (FAARJ Rao *et al.* (2013)) (Mondal *et al.* (2020)) (Shafique, *et al.* (2007)) (Hoque, *et al.* (2003)) (Ayeni & *et al.* (2016)) (Farias, Krause, *et al.* (2020)) (Lawan, *et al.* (2011)). Ce choix s'explique par la disponibilité des feuilles, leur facilité de collecte et leur richesse en composés bioactifs tels que l'azadirachtine, la nimbine et divers flavonoïdes. Toutefois, certaines études montrent que d'autres parties de la plante possèdent également une activité allélopathique. Par exemple, des extraits d'écorce ont également montré des effets inhibiteurs sur la germination de *Bidens pilosa*, bien que les feuilles restent généralement plus efficaces (Ayeni *et al.* (2016)). D'autres travaux ont exploré des formes moins conventionnelles, comme les cendres de bois de neem, qui ont montré une phytotoxicité sur la croissance du haricot mungo, probablement liée à des effets de pH et de déséquilibres minéraux (Arshad, *et al.* (2020)). De même, l'incorporation directe de poudres de feuilles et d'écorce dans le sol a également démontré des effets sur la germination et la vigueur des plantules (Muhammed, *et al.* (2019)). Ces résultats confirment que l'activité allélopathique du neem concerne l'ensemble de la plante, mais varie fortement selon la partie utilisée et son mode de transformation.

Le choix du solvant représente un autre facteur déterminant. La grande majorité des études utilisent l'eau comme solvant d'extraction, à travers des macérations simples suivies de filtration (Abd El.Hamid, *et al.* (2017)) (FAARJ Rao *et al.* (2013)) (Mondal, *et al.* (2020)) (Shafique, *et al.* (2007)) (Hoque, *et al.* (2003)) (Ayeni *et al.* (2016)) (Farias, *et al.* (2020)) (Lawan, *et al.* (2011)). Cette approche est privilégiée car elle reproduit les conditions naturelles de libération des composés dans le sol (pluie, irrigation) et évite l'usage de solvants organiques potentiellement toxiques. Cependant, l'eau extrait principalement des composés polaires (phénols, flavonoïdes, glycosides), tandis que les composés moins polaires, notamment certains terpénoïdes, restent peu extraits.



À l'inverse, une étude comparative a montré que différents solvants (n.hexane, acétone et eau) produisent des extraits aux activités biologiques distinctes sur plusieurs espèces adventices (Ashrafi, , *et al.* (2009)). Les extraits au n.hexane, riches en composés non polaires, et ceux à l'acétone, de polarité intermédiaire, présentent donc des profils d'activité différents de ceux des extraits aqueux. Cela souligne l'importance du choix du solvant dans la sélection et l'expression des composés allelochimiques.

Dans l'ensemble, ces variations méthodologiques montrent que les effets observés du neem ne dépendent pas uniquement de la plante elle-même, mais aussi fortement des conditions d'extraction et d'application. Ces différences sont synthétisées dans le Tableau III-7 et soulignent la nécessité d'une standardisation des protocoles pour améliorer la comparabilité des résultats et la valorisation agronomique du neem.

Tableau III-7: Résumé des variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits à travers les études incluses sur le potentiel allélopathique d'*Azadirachta indica*.

ID de l'étude	Partie de la plante utilisée	Solvant / Type d'extrait	Méthode d'application	Espèces cibles
IS0	Feuille	n.hexane, acétone, soluble dans l'eau	Non spécifiée	Six espèces de mauvaises herbes
IS1	Feuille	Aqueux	Traitement des semences, drenchage du sol	Cultures et mauvaises herbes
IS2	Feuille	Aqueux	Traitement des semences	Blé
IS3	Feuille	Aqueux	Traitement des semences	Riz
IS4	Feuille	Aqueux	Traitement des semences	Blé
IS5	Feuille	Aqueux	Traitement des semences, drenchage du sol	Six cultures agricoles
IS6	Feuille, Écorce	Aqueux	Traitement des semences	Bidens pilosa



IS7	Feuille	Aqueux	Traitement des semences	Plantes tests
IS8	Feuille, Écorce	Poudre sèche	Amendement du sol	Corchorus olitorius
IS9	Feuille	Aqueux	Traitement des semences	Variétés de niébé
IS10	Bois	Cendre	Amendement du sol	Haricot mungo

Comme l'indique le **Tableau III-7**, les méthodes d'application varient également de manière considérable: le traitement des semences (trempage des graines dans des solutions d'extraits avant le semis) est l'approche la plus courante, suivie par l'arrosage du sol (**soil drench**). La concentration de l'extrait, généralement exprimée en pourcentage ou en dilution d'une solution mère, constitue une autre variable présentant de fortes disparités selon les études, allant de faibles concentrations (ex: 1 à 5 %) à des concentrations élevées (ex: 50 à 100 %).

Cette relation dose.réponse est un aspect fondamental de l'allélopathie, et l'absence de gammes de concentrations standardisées entrave davantage la synthèse des résultats. L'étude utilisant des poudres sèches (Muhammed, , *et al.* (2019)) et celle utilisant de la cendre de bois (Arshad, , *et al.* (2020)) représentent des méthodes d'application alternatives moins fréquentes mais écologiquement pertinentes, car elles simulent l'incorporation de résidus ou de cendres de neem dans le sol.

Globalement, ces variations méthodologiques soulignent la nécessité d'un cadre plus standardisé dans les recherches futures afin de faciliter les comparaisons pertinentes et d'identifier les formulations les plus efficaces et pratiques pour le développement de bio.herbicides.

3.3 Effets allélopathiques sur la germination et la croissance des plantules des cultures (résumé)

Les effets des extraits de *Azadirachta indica* sur la germination et le développement précoce des cultures constituent l'un des thèmes centraux des recherches sur l'allélopathie. L'intérêt principal réside dans la sélectivité du neem: un bioherbicide efficace doit pouvoir inhiber les adventices tout en limitant les dommages aux plantes cultivées. Les 22 études analysées montrent cependant des résultats variables, dépendant fortement de l'espèce cultivée, du type et de la concentration de l'extrait utilisé, ainsi que du paramètre mesuré.



Dans l'ensemble, la majorité des travaux rapportent un effet principalement inhibiteur des extraits de neem sur la germination et la croissance des plantules, surtout aux concentrations élevées. Toutefois, l'intensité de cette inhibition varie considérablement selon les espèces.

Les cultures maraîchères apparaissent parmi les plus sensibles. Chez le gombo (*Abelmoschus esculentus*), les extraits aqueux de feuilles ont fortement réduit la germination, certaines concentrations provoquant même une inhibition totale (Vaithyanathan, *et al.* (2014)). Des effets similaires ont été observés chez la tomate (*Lycopersicum esculentum*), où les extraits huileux se sont révélés plus toxiques que les extraits aqueux (Fangue., *et al.* (2021)). Le piment (*Capsicum annum*) a également montré une diminution de la germination, bien que moins marquée (Oti & Daramola (2025)). Chez la corète potagère (*Corchorus olitorius*), l'incorporation de poudres de feuilles et d'écorce dans le sol a réduit la germination et la vigueur des plantules, les feuilles étant plus inhibitrices que l'écorce (Muhammed, , *et al.* (2019)). D'une manière générale, plusieurs légumes-feuilles se sont révélés sensibles aux lixiviats de neem, avec un effet qui augmente proportionnellement à la concentration (Kolawole, *et al.* (2018)).

Les légumineuses et cultures grainières présentent également des réponses variables et dépendantes des doses. Le niébé (*Vigna unguiculata*) a fait l'objet de plusieurs études montrant une inhibition significative de la germination et de la croissance initiale, particulièrement au niveau de l'allongement des racines (Lawan, *et al.* (2011)). Toutefois, comparé à d'autres espèces allélopathiques comme *Tithonia diversifolia*, l'effet du neem semble parfois plus modéré (Musyimi, , *et al.* (2015)). Chez le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), le paillage à base de feuilles de neem a fortement réduit l'émergence et la croissance des plantules (Dave *et al.* (2016)). Des effets inhibiteurs ont également été observés chez la fève (*Vicia faba*) (Mona, , *et al.* (2017)). Ces résultats suggèrent que les légumineuses sont globalement sensibles aux composés allélopathiques du neem, même si les réponses varient selon les variétés et les conditions expérimentales.

Les céréales telles que le riz (*Oryza sativa*), le maïs (*Zea mays*) et le blé (*Triticum spp.*) ont également été étudiées. Un travail a montré que les extraits foliaires de neem réduisaient significativement la longueur des racines et des pousses ainsi que la biomasse chez le riz et le maïs, le riz étant le plus sensible (Kaur & Leela (2023)). À l'inverse, une autre étude a observé qu'à faibles concentrations, les extraits pouvaient légèrement stimuler la germination et la croissance du maïs traité par l'aflatoxine, suggérant un possible effet hormétique (Ragni, *et al.* (2025)). Chez le blé, les extraits



issus de la litière foliaire de neem ont entraîné une diminution notable de la germination et de la croissance précoce (Banga, , *et al.* (2015)).

L'un des résultats les plus constants de cette littérature est la relation dose.réponse. Dans plusieurs études, l'augmentation de la concentration des extraits entraîne une inhibition progressive de la germination et de la croissance. Par exemple, des extraits concentrés à 100 % ont provoqué une inhibition presque totale de la germination chez plusieurs espèces cultivées, alors que des concentrations plus faibles n'induisent qu'une inhibition partielle (Saadaoui, , *et al.* (2015)). Cette tendance a également été confirmée chez des espèces végétales natives de forêts tropicales sèches (Mota, *et al.* (2020)).

Globalement, ces travaux montrent que les effets allélopathiques du neem sur les cultures sont majoritairement négatifs, mais fortement dépendants de l'espèce et de la dose appliquée. Cette variabilité souligne l'importance d'optimiser les concentrations et les modes d'application avant toute utilisation pratique des bioherbicides à base de neem.

Tableau III-8: Résumé des effets allélopathiques des extraits d'*Azadirachta indica* sur la germination et la croissance des plantules de diverses espèces cultivées.

Espèces cultivées	Partie de la plante utilisée	Type d'extrait	Concentration testée	Effets clés sur la germination	Effets clés sur la croissance des plantules	Source
Abelmoschus esculentus (Gombo)	Feuille	Aqueux	Diverses	Réduction significative, inhibition complète à haute conc.	Non spécifié	(Vaithiyanathan, <i>et al.</i> (2014))
Lycopersicon esculentum (Tomate)	Feuille, Graine	Aqueux, Huile	Diverses	Réduction significative, l'huile est plus puissante	Croissance réduite	(Fangue <i>et al.</i> (2021))



Capsicum annum (Piment)	Feuille	Aqueux	Diverses	Réduction modérée	Croissance réduite	(Oti <i>et al.</i> (2025))
Corchorus olitorius (Corète potagère)	Feuille, Écorce sèche	Poudre	2,5%, 5%, 10% (p/p)	Réduction significative, la poudre de feuille est plus puissante	Vigueur des plantules réduite	(Muhammed , <i>et al.</i> (2019)
Légumes.feui lles (général)	Feuille	Lessivat aqueux	Diverses	Inhibition dépendante de la concentration	Croissance réduite	(Kolawole <i>et al.</i> (2018)
Vigna unguiculata (Niébé)	Feuille	Aqueux	Diverses	Réduction significative, différences variétales	Inhibition plus grande sur la racine que sur la plumule	(Lawanet <i>al.</i> (2011))
Vigna unguiculata (Niébé)	Feuille	Aqueux	Diverses	Réduction modérée	Croissance réduite	(Musyimi, <i>et al.</i> (2015))
Phaseolus vulgaris (Haricot commun)	Feuille	Paillis	Non spécifiée	Émergence réduite	Croissance précoce réduite	(Dave <i>et al.</i> (2016)
Vicia faba (Féverole)	Feuille	Aqueux	Diverses	Inhibition	Croissance réduite	(Mona, <i>et al.</i> (2017)



Oryza sativa (Riz)	Feuille	Aqueux	Diverses	Non spécifié	Réduction de la longueur tige/racine, biomasse	(Kaur <i>et al.</i> (2023))
Zea mays (Maïs)	Feuille	Aqueux	Diverses	Non spécifié	Réduction de la longueur tige/racine (moins que le riz)	(Kaur <i>et al.</i> (2023))
Zea mays (Maïs)	Feuille	Aqueux	Diverses	Légère stimulation à faible conc.	Effets de l'aflatoxine atténués	(Ragni, <i>et al.</i> (2025)
Triticum spp. (Blé)	Litière de feuilles	Aqueux	Diverses	Réduction significative	Croissance précoce réduite	(Banga , <i>et al.</i> (2015))
Cultures multiples (6 espèces)	Feuille	Aqueux	25%, 50%, 75%, 100%	Inhibition dépendante de la concentration	Inhibition dépendante de la concentration	(Saadaoui , <i>et al.</i> (2015)
Plantes indigènes (Forêt tropicale sèche)	Feuille	Aqueux	Diverses	Inhibition dépendante de la concentration	Inhibition dépendante de la concentration	(Mota, <i>et al.</i> (2020))



Manihot esculenta (Manioc)	Feuille	Aqueux	Diverses	Non spécifié	Croissance réduite, goût altéré	(Sarbeng, <i>et al.</i> (2016))
Senna sophora	Feuille, Racine	Aqueux	Diverses	Réduction significative	Croissance réduite	(Ogunyemi <i>et al.</i> (2011)
Crotalaria ochroleuca	Feuille, Racine	Aqueux	Diverses	Réduction significative	Croissance réduite	(Ogunyemi <i>et al.</i> (2011)
Trianthema portulacastrum (Herbe)	Feuille	Paillis	Non spécifiée	Émergence réduite	Croissance et rendement réduits	(Dave <i>et al.</i> (2016)
Solanum melongena (Aubergine)	Feuille	Lessivat aqueux	Diverses	Non spécifié	Croissance et rendement réduits	(Choudhary <i>et al.</i> (2023)
Glycine max (Soja)	Feuille	Aqueux	Diverses	Non spécifié	Croissance réduite	(Silva , <i>et al.</i> (2016))
Carthamus tinctorius (Carthame)	Feuille	Aqueux	Diverses	Non spécifié	Croissance réduite	(Silva , <i>et al.</i> (2016))

Comme le montre le **Tableau III-8**, les effets allélopathiques de *Azadirachta indica* sur les plantes cultivées sont majoritairement inhibiteurs, bien que l'intensité de cette inhibition varie fortement selon les espèces et les conditions expérimentales. Plusieurs études ont également comparé simultanément les effets du neem sur les cultures et sur les adventices, permettant ainsi d'évaluer son degré de sélectivité.

Par exemple, l'étude réalisée sur le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) a montré que le paillage à base de feuilles de neem affectait davantage l'adventice *Trianthema portulacastrum* que la culture elle-même, suggérant un potentiel intéressant de suppression sélective des mauvaises herbes



(Dave & Vordzogbe (2016)). De manière similaire, les extraits de feuilles et de racines de neem ont fortement inhibé la germination et la croissance de *Senna sophora* et *Crotalaria ochroleuca*, deux espèces sauvages souvent considérées comme adventices, renforçant ainsi le potentiel bioherbicide du neem (Ogunyemi & Odewole (2011)).

L'étude menée sur le manioc (*Manihot esculenta*) est particulièrement importante, car elle a montré non seulement des effets sur la croissance, mais aussi une modification du goût des tubercules récoltés (Sarheng, , *et al.* (2016)). Ce résultat suggère que les composés allélopathiques du neem peuvent influencer la qualité des produits agricoles, un aspect essentiel à considérer dans les systèmes agroforestiers associant le neem à des cultures alimentaires comme le manioc.

Certaines études, bien qu'elles ne soient pas directement classées dans le Tableau III-8, apportent également des informations importantes. Une étude générale sur la phytotoxicité du neem a conclu que les extraits étaient globalement plus toxiques pour les adventices que pour les cultures, même si cette sélectivité restait imparfaite (Knox, *et al.* (2010)). Une autre recherche, réalisée dans une forêt tropicale sèche saisonnière, a montré que les extraits de neem inhibaient la germination de toutes les espèces natives testées (Mota, , *et al.* (2020)). Ce résultat indique que l'introduction du neem dans certains écosystèmes pourrait perturber la régénération naturelle de la végétation locale.

Par ailleurs, l'étude menée sur le riz et le maïs a fourni une analyse détaillée de plusieurs paramètres de croissance, notamment la hauteur des plantes, la surface foliaire et la biomasse, confirmant l'impact significatif des extraits foliaires de neem sur le développement végétal (Kaur & Leela (2023)).

Dans l'ensemble, ces travaux confirment que les effets allélopathiques de *A. indica* sur les cultures sont généralement inhibiteurs, mais que leur intensité et leur sélectivité dépendent fortement du contexte, des espèces concernées et des doses appliquées. Cela souligne la nécessité d'évaluations précises et spécifiques avant toute application pratique du neem comme bioherbicide.

3.4 Potentiel bioherbicide contre les adventices et les espèces invasives (résumé)

L'étude du potentiel bioherbicide de *Azadirachta indica* constitue l'un des axes majeurs des recherches récentes sur le neem. Les 15 études incluses dans cette thématique montrent de manière cohérente que les extraits de neem possèdent une activité phytotoxique importante contre de nombreuses adventices et certaines espèces invasives. Toutefois, l'efficacité observée dépend



fortement de plusieurs facteurs, notamment l'espèce cible, la partie de la plante utilisée, le type de solvant et la concentration appliquée.

Parmi les adventices les plus étudiées figure *Parthenium hysterophorus*, une mauvaise herbe invasive particulièrement problématique sur les plans agricole et sanitaire. Trois études indépendantes ont montré que les extraits aqueux de feuilles de neem inhibent efficacement la germination et la croissance des plantules de cette espèce (Knox, *et al.* (2010)) (Wakjira, *et al.* (2011) (Ramachandran & Venkataraman (2020)). L'une de ces études a rapporté un taux d'inhibition de la germination atteignant 94,71 %, un résultat particulièrement élevé comparé à d'autres extraits botaniques testés (Ramachandran & Venkataraman (2020)). Une autre étude a confirmé cette forte activité inhibitrice, même si certaines espèces arborées, comme *Acacia auriculiformis*, se sont révélées légèrement plus efficaces (Wakjira, *et al.* (2011)). La répétition de ces résultats dans différents contextes expérimentaux renforce le potentiel du neem comme solution biologique contre *P. hysterophorus*.

Au-delà de cette espèce, les extraits de neem se sont montrés efficaces contre plusieurs adventices à feuilles larges et graminées. La germination et la croissance d'*Amaranthus retroflexus* ont été fortement réduites par les extraits foliaires aqueux (Nekonam, *et al.* (2014)). De même, *Bidens pilosa* s'est révélée très sensible aux extraits de neem, les extraits de feuilles étant plus phytotoxiques que ceux de l'écorce (Ayeni & Olabode (2016)). Une étude comparant différents solvants (n.hexane, acétone et eau) a montré que les extraits aqueux étaient généralement les plus efficaces contre six espèces adventices (Ashrafi, *et al.* (2009)), suggérant que les composés responsables de l'activité bioherbicide sont principalement des molécules polaires. Ce résultat est particulièrement intéressant d'un point de vue pratique, car l'extraction aqueuse est simple, peu coûteuse et facilement applicable en milieu agricole.

Le potentiel allélopathique du neem ne se limite pas aux adventices herbacées. Une étude menée au Nigeria a montré que les extraits foliaires et les exsudats racinaires de neem inhibaient fortement la germination et la croissance de plusieurs espèces arborées natives de savane, notamment *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia nilotica* et *Acacia senegal* (Musawa, *et al.* (2021)). *F. albida* était l'espèce la plus affectée. Ces résultats révèlent un aspect écologique important: les propriétés allélopathiques du neem peuvent favoriser son comportement invasif en limitant la régénération de la végétation locale. Ainsi, le neem représente à la fois une ressource potentielle pour la lutte contre les mauvaises herbes et un risque pour la biodiversité lorsqu'il est introduit hors de son aire d'origine.



L'utilisation du neem sous forme de paillage a également été étudiée dans des conditions de terrain. Dans une culture de gombo, le paillage à base de feuilles de neem a significativement réduit la densité et la biomasse des adventices (Norman, *et al.* (2020)). Une autre étude comparant différents matériaux de paillage a montré que le paillage de neem figurait parmi les plus efficaces pour contrôler les mauvaises herbes (Saha, *et al.* (2018)). Ces essais sont particulièrement importants car ils démontrent l'efficacité du neem dans des conditions agricoles réelles, au-delà des simples tests de laboratoire. En plus de son effet suppressif sur les adventices, le paillage de neem contribue aussi à conserver l'humidité du sol et à enrichir la matière organique.

L'étude sur *Trianthema portulacastrum* est particulièrement intéressante du point de vue de la sélectivité (Dave & Vordzogbe (2016)). Le paillage de neem a fortement réduit l'émergence et la croissance de cette adventice, alors que le haricot commun cultivé dans les mêmes conditions était moins affecté. Cette sélectivité constitue un avantage majeur pour le développement de bioherbicides efficaces et moins toxiques pour les cultures. Les mécanismes impliqués restent encore mal compris, mais pourraient être liés à des différences physiologiques entre les espèces.

D'autres travaux ont confirmé l'activité inhibitrice à large spectre du neem. Des effets significatifs ont notamment été observés sur *Avena fatua* et *Cirsium arvense* (Pacanoski & Mehmeti (2019)), ainsi que sur *Fimbristylis dichotoma* (Islam & Kato.Noguchi (2016)). Ensemble, ces résultats montrent clairement que *A. indica* possède un fort potentiel bioherbicide contre de nombreuses adventices et espèces invasives, justifiant la poursuite des recherches pour son développement en agriculture durable.

Tableau III-9: Résumé des effets allélopathiques d'*Azadirachta indica* sur la germination et la croissance des adventices et des espèces envahissantes.

Espèces Cibles	Matériel de Neem Utilisé	Type d'Extrait / Application	Effets Clés Observés	Source
<i>Amaranthus retroflexus</i> (Amarante réfléchie)	Feuille	Extrait aqueux	Inhibition significative de la germination et de la croissance des plantules	(Nekonam , <i>et al.</i> (2014))
<i>Bidens pilosa</i> (Bident poilu)	Feuille, Écorce	Extrait aqueux	Inhibition significative de la germination et de la croissance; l'extrait de feuille est plus puissant que celui de l'écorce	(Ayeni <i>et al.</i> (2016))
<i>Parthenium hysterophorus</i> (Parthénie)	Feuille	Extrait aqueux	Réduction significative de la germination, de la longueur des racines et des tiges	(Knox <i>et al.</i> (2010))
<i>Parthenium hysterophorus</i> (Parthénie)	Feuille	Extrait aqueux	Inhibition significative de la germination et de la croissance des plantules	(Wakjira <i>et al.</i> (2011)
<i>Parthenium hysterophorus</i> (Parthénie)	Feuille	Extrait aqueux	Forte inhibition de la germination (94,71 %) par rapport au témoin	(Ramachandran <i>et al.</i> (2020)
<i>Trianthema portulacastrum</i> (Trianthème faux.pourpier)	Feuille	Paillis (Mulch)	Réduction de l'émergence et de la croissance initiale ; adventice plus sensible	(Dave <i>et al.</i> (2016)



			que la culture associée (Phaseolus vulgaris)	
Faidherbia albida (Acacia blanc)	Feuille, Exsudats racinaires	Extrait aqueux, lixiviat de sol	Inhibition significative de la germination et de la croissance ; espèce la plus touchée par l'invasion du neem	(Musawa, <i>et al.</i> (2021))
Balanites aegyptiaca (Dattier du désert)	Feuille, Exsudats racinaires	Extrait aqueux, lixiviat de sol	Inhibition modérée de la germination et de la croissance des plantules	(Musawa, <i>et al.</i> (2021))
Acacia nilotica (Gommier rouge)	Feuille, Exsudats racinaires	Extrait aqueux, lixiviat de sol	Inhibition modérée de la germination et de la croissance des plantules	(Musawa, <i>et al.</i> (2021))
Acacia senegal (Gommier blanc)	Feuille, Exsudats racinaires	Extrait aqueux, lixiviat de sol	Inhibition modérée de la germination et de la croissance des plantules	(Musawa, <i>et al.</i> (2021))
Six espèces d'adventices (non spécifiées)	Feuille	Extraits n.hexane, acétone, hydrosolubles	Inhibition variable selon le solvant et l'espèce d'adventice ; l'extrait hydrosoluble est généralement le plus efficace	(Ashrafi , <i>et al.</i> (2009)
Avena fatua (Folle avoine)	Feuille	Extrait aqueux	Inhibition significative de la croissance initiale	(Pacanoski <i>et al.</i> (2019))



Cirsium arvense (Chardon des champs)	Feuille	Extrait aqueux	Inhibition significative de la croissance initiale	(Pacanoski <i>et al.</i> (2019))
Fimbristylis dichotoma (Fimbristylis à deux épis)	Feuille	Extrait aqueux	Inhibition significative de la germination et de la croissance des plantules	(Islamet <i>al.</i> (2016))
Adventices dans un champ de gombo	Feuille	Paillis (Mulch)	Réduction significative de la densité et de la biomasse des adventices	(Norman , (2020)) <i>et al.</i>
Adventices en paysage/pépinière	Feuille	Paillis (Mulch)	Suppression efficace des adventices par rapport à d'autres matériaux de paillage	(Sahaet <i>al.</i> (2018))

3.5 Activités antimicrobiennes et antifongiques contre les phytopathogènes

Les études consacrées aux propriétés antimicrobiennes de *Azadirachta indica* montrent que le neem ne possède pas seulement une activité allélopathique contre les mauvaises herbes, mais également un fort potentiel dans la lutte contre plusieurs agents pathogènes des plantes. Les huit travaux analysés indiquent que les extraits de neem, principalement issus des feuilles, inhibent efficacement divers champignons et bactéries responsables de maladies agricoles, ce qui suggère une double utilisation possible du neem en gestion des adventices et en protection phytosanitaire.

Comme présenté dans le Tableau III-9, l'activité antifongique du neem a été testée contre plusieurs pathogènes majeurs. Parmi eux, *Alternaria solani*, responsable de l'alternariose de la tomate et de la pomme de terre, a fait l'objet de plusieurs recherches. Une étude a montré que les extraits foliaires et fruitiers préparés avec de l'eau, du méthanol et de l'éthanol inhibaient tous la croissance mycélienne du champignon, mais que l'extrait méthanolique était le plus efficace, suivi de l'extrait éthanolique, tandis que l'extrait aqueux présentait l'activité la plus faible (Jabeen, (2013)). Les extraits de feuilles se sont également révélés plus actifs que ceux des fruits, ce qui confirme la richesse des feuilles en composés antifongiques.



D'autres travaux ont montré que le neem peut aussi stimuler les mécanismes de défense des plantes. Dans une étude sur la gestion de la tache alternarienne du sésame causée par *Alternaria sesami*, l'application foliaire d'extraits aqueux de neem a significativement réduit la sévérité de la maladie (Guleria & Kumar (2006)). Les auteurs ont associé cette réduction non seulement à une action antifongique directe, mais aussi à l'activation de composés de défense chez la plante, tels que les peroxydases, les polyphénoloxydases et les composés phénoliques. Cette double action rend le neem particulièrement intéressant dans les stratégies de lutte intégrée.

Une étude originale a également montré que les extraits de neem inhibaient la croissance de *Curvularia lunata*, un endophyte naturellement associé au neem lui-même (Verma & Kharwar (2006). Ce résultat suggère que les métabolites secondaires du neem jouent aussi un rôle dans la régulation de sa propre microflore interne et participent à son système naturel de défense.

Le potentiel du neem contre les pathogènes du sol a aussi été mis en évidence. Une recherche a montré que l'association de biomasse foliaire de neem avec des espèces de *Trichoderma* réduisait fortement l'incidence de *Macrophomina phaseolina*, agent du charbon racinaire (Shoaib, , *et al.* (2018)). Cette interaction synergique souligne l'intérêt du neem dans les approches biologiques durables de gestion des maladies.

Les pathogènes post-récolte ont également été ciblés. Des extraits de neem ont montré une activité importante contre les champignons responsables des pourritures de la tomate après récolte (Yeni, *et al.* (2010)). De même, les extraits méthanoliques, éthanoliques et aqueux ont inhibé la croissance de *Penicillium digitatum*, responsable de la moisissure verte des agrumes, avec une efficacité maximale observée pour l'extrait méthanolique (Maini, *et al.* (2019).

Plusieurs études confirment ainsi que les solvants organiques, notamment le méthanol, permettent une meilleure extraction des composés antifongiques que l'eau (Jabeenet *al.* (2013)) (Maini, *et al.* (2019) (Ali, *et al.* (2024). Cela suggère que les molécules responsables de cette activité possèdent une polarité intermédiaire et incluent principalement des flavonoïdes, phénols, alcaloïdes et terpénoïdes (Ali, *et al.* (2024).

Les recherches sur *Sclerotium rolfsii* ont également montré que les extraits méthanoliques de neem inhibaient non seulement la croissance mycélienne, mais aussi la germination des sclérotés, structures essentielles à la survie du champignon dans le sol (Butt, *et al.* (2016)). Ce résultat est particulièrement important pour limiter la persistance des maladies telluriques.



Dans l'ensemble, les études analysées montrent que *A. indica* possède une activité antifongique large et polyvalente. Les extraits de neem agissent à la fois par inhibition directe des pathogènes et par stimulation des défenses naturelles des plantes (Guleria & Kumar (2006)) (Verma & Kharwar (2006)). Les résultats obtenus contre *Alternaria solani* (Jabeen, *et al.* (2013)), *Macrophomina phaseolina* (Shoaib, Munir, , *et al.* (2018)), *Sclerotium rolfsii* (Butt, Sana & Butt (2016)), *Penicillium digitatum* (Maini, *et al.* (2019)) et plusieurs autres champignons phytopathogènes (Ali, (2024) confirment le potentiel du neem comme source naturelle prometteuse de biofongicides dans une agriculture plus durable.

Tableau III-10: Résumé des activités antimicrobiennes et antifongiques des extraits d'*Azadirachta indica* contre les agents pathogènes des plantes.

Agent Pathogène Cible	Maladie Causée	Matériel de Neem Utilisé	Type d'Extrait / Solvant	Effets Clés Observés	Source
<i>Alternaria solani</i>	Alternariose (mildiou précoce) de la tomate et de la pomme de terre	Feuille, Fruit	Aqueux, Méthanol, Éthanol	Inhibition significative de la croissance mycélienne ; l'extrait méthanolique est le plus efficace	(Jabeen, <i>et al.</i> (2013))
<i>Alternaria sesami</i>	Taches foliaires à <i>Alternaria</i> du sésame	Feuille	Aqueux	Induction de la résistance chez les plants de sésame ; réduction de la sévérité de la maladie	(Guleria <i>et al.</i> (2006)
<i>Curvularia lunata</i>	Taches foliaires, pourriture	Feuille	Aqueux	Inhibition significative de la croissance fongique ;	(Verma <i>et al.</i> (2006))

	racinaire (divers hôtes)			endophyte du neem lui-même	
Macrophomina phaseolina	Pourriture charbonneuse (hôtes multiples)	Feuille	Biomasse de feuilles sèches (amendement du sol)	Réduction significative de l'incidence de la maladie lorsqu'associé à Trichoderma spp.	(Shoaib, <i>et al.</i> (2018)
Penicillium digitatum	Moisissure verte des agrumes (fruit Kinnow)	Feuille	Méthanol, Éthanol, Aqueux	Inhibition significative de la croissance mycélienne ; l'extrait méthanolique est le plus efficace	(Maini, <i>et al.</i> (2019)
Sclerotium rolfsii	Flétrissement sudiste, pourriture du collet (hôtes multiples)	Feuille	Méthanol	Inhibition significative de la croissance mycélienne et de la germination des sclérotés	(Butt, <i>et al.</i> (2016))
Multiples agents pathogènes fongiques (non spécifiés)	Diverses pourritures post.récolte et de transport	Feuille	Extraits aqueux, solvants organiques	Inhibition significative de la croissance mycélienne ; les extraits organiques sont plus efficaces que les aqueux	(Yeni, <i>et al.</i> (2010))

Multiples agents pathogènes fongiques (non spécifiés)	Diverses maladies des plantes	Feuille	Aqueux, Méthanol, Éthanol	Activité antifongique à large spectre ; l'extrait méthanolique est le plus efficace	(Ali, <i>et al.</i> (2024))
---	-------------------------------	---------	---------------------------	---	-----------------------------

3.2.3 Discussion

La synthèse des 49 études incluses met en évidence un potentiel allélopathique important de *Azadirachta indica*, tout en révélant une forte complexité dans les réponses observées. Dans l'ensemble, les travaux analysés montrent que les extraits de neem, en particulier les extraits foliaires, possèdent des activités phytotoxiques et antimicrobiennes capables d'inhiber la germination et la croissance de nombreuses adventices ainsi que plusieurs phytopathogènes d'importance économique. Toutefois, l'intensité et la sélectivité de ces effets varient considérablement d'une étude à l'autre, principalement en raison de l'importante hétérogénéité méthodologique décrite dans la section 3.2. Cette variabilité complique les comparaisons directes, mais elle reflète également la richesse chimique du neem et la complexité de ses mécanismes d'action.

Les résultats montrent clairement que les effets allélopathiques du neem sont à la fois dose.dépendants et spécifiques aux espèces, ce qui rejoint les principes généraux de l'allélopathie (Reigosa, *et al.* (2006)). Chez les cultures, les effets observés sont majoritairement inhibiteurs, surtout à fortes concentrations. Les cultures maraîchères comme le gombo et la tomate apparaissent particulièrement sensibles aux extraits de neem (Vaithiyanathan, , *et al.* (2014)) (Fangue., , *et al.* (2021)), alors que certaines céréales, notamment le maïs, semblent mieux tolérer les faibles concentrations, voire présenter une légère stimulation de croissance (Ragni, *et al.* (2025) E). Cette différence de sensibilité est essentielle pour le développement de bioherbicides sélectifs à base de neem. L'étude menée sur le haricot commun et *Trianthema portulacastrum* illustre bien cette possibilité, puisque le paillage de neem a davantage inhibé l'adventice que la culture (Dave & Vordzogbe (2016)). Néanmoins, les mécanismes responsables de cette sélectivité restent encore mal compris et nécessitent des recherches complémentaires sur la perméabilité des graines, les voies métaboliques de détoxification ou encore la sensibilité des tissus cibles.



Les implications agricoles de ces résultats sont particulièrement importantes. Les effets inhibiteurs répétés contre des adventices problématiques comme *Parthenium hysterophorus* (Knox, et al. (2010) (Wakjira, et al. (2011) (Ramachandran & Venkataraman (2020)), *Amaranthus retroflexus* (Nekomam, et al. (2014)) et *Bidens pilosa* (Ayeni & Olabode (2016)) confirment que le neem pourrait être intégré dans des programmes de gestion intégrée des adventices. L'utilisation de bioherbicides issus du neem permettrait de réduire la dépendance aux herbicides de synthèse et ainsi de limiter les risques environnementaux et sanitaires associés à leur usage intensif, notamment l'apparition de résistances chez les mauvaises herbes (Kaur , et al. (2023)). En parallèle, le neem présente un avantage supplémentaire: ses extraits possèdent aussi des propriétés antifongiques et antimicrobiennes contre plusieurs agents pathogènes comme *Alternaria solani* (Jabeen, et al. (2013)), *Macrophomina phaseolina* (Shoaib, et al. (2018)) et *Penicillium digitatum* (Maini, et al. (2019)). Cette double action contre les adventices et les maladies végétales rend le neem particulièrement intéressant dans les systèmes agricoles durables, notamment pour les petits agriculteurs disposant d'un accès limité aux intrants chimiques.

Sur le plan théorique, cette revue enrichit la compréhension des mécanismes allélopathiques en soulignant le rôle de la diversité chimique et des multiples modes d'action des métabolites secondaires du neem. Certaines études montrent que les extraits peuvent agir directement sur les pathogènes mais aussi stimuler les mécanismes de défense des plantes (Guleria & Kumar (2006). De plus, l'inhibition de l'endophyte *Curvularia lunata* par les extraits de neem (Verma & Kharwar (2006)) suggère que ces composés participent également à la régulation du microbiome interne de la plante. Ainsi, les substances allélopathiques du neem semblent remplir plusieurs fonctions écologiques simultanément: défense contre les pathogènes, compétition avec les plantes voisines et régulation des microorganismes associés.

Malgré ces résultats prometteurs, plusieurs limites doivent être prises en considération. La principale concerne l'absence de standardisation méthodologique. Les études diffèrent fortement selon la partie de la plante utilisée, le type de solvant, la méthode d'extraction, les concentrations appliquées et les modes d'application. Cette diversité rend difficile l'identification des formulations les plus efficaces. Par exemple, les extraits méthanoliques apparaissent souvent plus actifs que les extraits aqueux contre les champignons (Jabeen, et al. (2013)) (Maini, et al. (2019)), mais leur utilisation pratique à l'échelle agricole reste limitée. Des protocoles simples et reproductibles, basés sur des extraits aqueux ou des méthodes de fermentation accessibles aux agriculteurs, devraient donc être privilégiés.



Une autre limite importante réside dans le fait que la majorité des études ont été réalisées en laboratoire ou en serre, alors que peu d'essais ont été conduits au champ (Banga, *et al.* (2015)) (Norman,*et al.* (2020)) (Saha, *et al.* (2018)). Or, les conditions réelles de culture peuvent modifier fortement l'activité des allélocomposés à travers l'action du sol, des microorganismes, de la matière organique ou des conditions climatiques (Inderjit & Nilsen (2003). Les quelques études de terrain disponibles montrent que les paillis de neem peuvent réduire efficacement les adventices (Norman,*et al.* (2020)) (Saha, (2018)), mais des essais agronomiques à long terme restent indispensables.

Ce travail met également en évidence plusieurs biais potentiels. Les études rapportant des résultats positifs ont davantage de chances d'être publiées, ce qui peut surestimer l'efficacité réelle du neem. De plus, l'exclusion des publications non anglophones a probablement limité l'accès à des connaissances locales provenant de régions où le neem est traditionnellement utilisé. Enfin, la qualité méthodologique des études reste variable: certaines ne présentent pas suffisamment de répétitions, de témoins ou d'analyses statistiques détaillées. L'étude rapportant 94,71 % d'inhibition de *Parthenium hysterophorus* (Ramachandran & Venkataraman (2020)), par exemple, reste difficile à évaluer faute d'informations méthodologiques complètes.

Les lacunes identifiées ouvrent plusieurs perspectives de recherche. Il apparaît nécessaire d'établir des protocoles standardisés précisant la partie végétale utilisée, le solvant, la méthode d'extraction, les concentrations et les conditions d'application. Les futures recherches devraient aussi explorer les interactions entre le neem et d'autres agents biologiques. L'association entre biomasse foliaire de neem et *Trichoderma spp.* contre *Macrophomina phaseolina* (Shoaib, *et al.* (2018)) constitue un exemple prometteur de synergie biologique.

D'autres domaines restent encore peu étudiés, notamment les effets du neem sur les microorganismes bénéfiques du sol, tels que les bactéries fixatrices d'azote ou les champignons mycorhiziens. Les impacts à long terme des applications répétées de neem sur la qualité des sols et le fonctionnement des écosystèmes doivent également être évalués. De plus, l'observation d'une modification du goût des tubercules de manioc cultivés à proximité du neem (Sarheng, *et al.* (2016)) soulève des questions importantes concernant la qualité alimentaire et l'accumulation potentielle d'allélocomposés dans les produits récoltés.

Enfin, les recherches futures devraient davantage relier les bioessais de laboratoire aux applications de terrain. L'étude du devenir des allélocomposés dans le sol, de leur dégradation et de leurs interactions avec les particules du sol sera essentielle pour développer des formulations plus stables et efficaces, comme des granulés ou des extraits encapsulés. L'intégration du neem dans des systèmes agroécologiques, tels que l'agroforesterie, les cultures associées ou l'agriculture de



conservation, représente également une voie particulièrement prometteuse pour valoriser naturellement ses propriétés allélopathiques sans dépendre exclusivement des extraits préparés artificiellement.

Résumé

Le potentiel allélopathique de *Azadirachta indica* (neem) a suscité une attention croissante en tant qu'alternative durable pour la gestion des mauvaises herbes, des ravageurs et des agents pathogènes des plantes dans les systèmes agricoles. Cette revue systématique vise à synthétiser et à évaluer de manière critique les travaux existants sur les effets allélopathiques du neem, en se concentrant sur les variations méthodologiques dans la préparation et l'application des extraits, les impacts sur la germination des cultures et la croissance des plantules, l'activité bioherbicide contre les mauvaises herbes et les espèces invasives, ainsi que les propriétés antimicrobiennes contre les agents pathogènes des plantes.

Nous avons effectué une recherche exhaustive dans plusieurs bases de données électroniques, en appliquant des critères d'inclusion et d'exclusion prédéfinis pour identifier les études pertinentes évaluées par les pairs. Les données extraites ont été analysées de manière thématique afin d'identifier les tendances, contradictions et lacunes de la littérature.

Nos résultats révèlent que les extraits aqueux et organiques issus de différentes parties du neem, en particulier les feuilles, les graines et l'écorce, inhibent de manière constante la germination et la croissance précoce de plusieurs espèces de mauvaises herbes, tandis que leurs effets sur les plantes cultivées sont souvent dépendants de la dose et spécifiques à l'espèce. La revue montre également que les extraits de neem présentent une activité antifongique et antibactérienne significative contre divers pathogènes du sol et foliaires, suggérant un double rôle dans la suppression des adventices et la gestion des maladies.

Cependant, une hétérogénéité importante des protocoles expérimentaux, incluant les variations de solvants, de concentrations, de durée d'exposition et d'espèces cibles, complique les comparaisons directes entre les études. Nous concluons que *A. indica* représente une source prometteuse de bioherbicides et d'antimicrobiens naturels, mais que les recherches futures devraient privilégier des méthodologies standardisées et des validations en conditions réelles afin de transformer les résultats de laboratoire en applications agricoles pratiques.



3.3 Synthèse bibliographique comparative des effets allélopathiques : *Azadirachta indica* vs *Leucaena leucocephala*

Introduction :

L'allélopathie, c'est-à-dire l'influence biochimique d'une plante sur la croissance et le développement d'une autre, a des implications profondes pour la productivité agricole, la stabilité écologique et la gestion des espèces envahissantes (Kong, Li, Li, Xia & Wang (2024)). Parmi la myriade d'espèces végétales présentant des propriétés allélopathiques, *Azadirachta indica* (neem) et *Leucaena leucocephala* (leucaena) se distinguent par leurs rôles écologiques contrastés et leur large répartition. *A. indica*, originaire du sous-continent indien, est réputée pour ses propriétés médicinales et pesticides, largement attribuées à des métabolites secondaires tels que l'azadirachtine (Xuan, Tsuzuki, Hiroyuki, Mitsuhiro, Khanh, *et al.* (2004). À l'inverse, *L. leucocephala*, un arbre légumineux à croissance rapide originaire d'Amérique centrale, est devenu envahissant dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales, supplantant souvent la végétation indigène par des mécanismes de compétition et d'allélopathie (Kato-Noguchi *et.* Kurniadie (2022)

L'importance écologique et agricole de ces espèces rend nécessaire une analyse comparative de leurs effets allélopathiques. *A. indica* a fait l'objet de nombreuses études pour son potentiel en tant qu'herbicide naturel et inhibiteur de croissance, avec des applications dans l'agriculture durable (Farooq, Jabran, Cheema, *et al.* (2011)). Ses composés allélopathiques, en particulier les limonoïdes et les flavonoïdes, présentent des effets inhibiteurs à large spectre sur la germination des graines et l'allongement des racines chez les espèces cibles (Sandhir, Khurana & Singhal (2021)). D'autre part, *L. leucocephala* pose un double défi : bien qu'elle soit appréciée pour l'amélioration des sols et la production fourragère, son caractère envahissant et la suppression allélopathique des plantes indigènes qu'elle provoque suscitent des inquiétudes pour la conservation de la biodiversité (Dhanda & Chauhan (2022)). Les impacts écologiques divergents de ces espèces soulignent la nécessité d'une synthèse systématique des recherches existantes afin d'élucider leurs mécanismes allélopathiques et leurs conséquences.

Malgré l'abondance des études consacrées à *A. indica* et à *L. leucocephala*, des lacunes importantes subsistent dans la compréhension comparative de leurs effets allélopathiques. Par exemple, alors que la phytochimie d'*A. indica* est bien documentée, les seuils écologiques à partir desquels ses allélochimiques exercent des effets significatifs sont moins bien connus (Souto, Gonzales & Reigosa (1994). De même, le rôle des facteurs environnementaux — tels que le type de sol,



l'humidité et l'activité microbienne — dans la modulation du potentiel allélopathique de *L. leucocephala* nécessite des recherches supplémentaires (Dhanda & Chauhan (2022)). De plus, le potentiel allélopathique de *L. leucocephala* nécessite des recherches supplémentaires (Dhanda & Chauhan (2022)). De plus, la plupart des études se concentrent sur des espèces individuelles, ce qui laisse un vide dans la recherche sur les comparaisons directes de leurs interactions allélopathiques au sein d'un même contexte écologique ou agricole (Souto, Gonzales & Reigosa (1994).

Cette étude a pour objectif de combler ces lacunes en proposant une analyse comparative exhaustive des effets allélopathiques d'*A. indica* et de *L. leucocephala*. En synthétisant des résultats disparates, ce travail vise à clarifier leur rôle dans les interactions entre plantes, la dynamique des écosystèmes et la gestion des espèces envahissantes. L'importance de cette recherche s'étend à des applications pratiques, telles que l'optimisation de l'utilisation d'*A. indica* en agriculture biologique et l'élaboration de stratégies visant à atténuer les perturbations écologiques causées par *L. leucocephala*. En outre, cette étude contribue au débat plus large sur l'allélopathie en mettant en évidence l'interaction entre les mécanismes biochimiques et les conséquences écologiques.

La suite de cet article s'articule comme suit : la section 2 présente la méthodologie utilisée pour la revue systématique de la littérature. La section 3 expose les résultats, notamment les tendances de la recherche, les effets allélopathiques des extraits végétaux, les impacts des espèces envahissantes et les analyses au niveau des écosystèmes. La section 4 examine les implications de ces résultats, et la section 5 conclut en présentant les principaux enseignements et les orientations futures de la recherche.

3.1 Méthodologie

3.1.1 Protocole de revue

Cette revue systématique respecte les lignes directrices PRISMA (8) afin de garantir la rigueur méthodologique et la transparence. Cinq bases de données ont été privilégiées en fonction de leur pertinence pour la recherche en écologie et en agriculture: PubMed, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink et Web of Science. Google Scholar a été inclus comme source complémentaire afin de recenser la littérature grise supplémentaire. PubMed a été sélectionné pour sa couverture étendue des sciences de la vie et de la biomédecine, tandis que Scopus et

Web of Science ont apporté une dimension interdisciplinaire. ScienceDirect et SpringerLink ont été choisis pour leurs vastes collections d'études environnementales et agricoles.

Les chaînes de recherche ont été conçues pour recenser les études portant sur les effets allélopathiques d'*Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala*. Les mots-clés comprenaient des variantes de « effets allélopathiques », « *Azadirachta indica** OU Neem » et

« *Leucaena leucocephala** OU Leucaena ». Afin de se concentrer sur la recherche primaire, les articles de synthèse, les enquêtes et les métaanalyses ont été exclus. La recherche a été limitée aux publications à partir de 2020 afin de garantir la prise en compte des avancées récentes dans ce domaine.

3.1.2 Dimensions de la recherche

Cette étude s'articule autour de trois axes principaux: les effets allélopathiques des extraits végétaux, l'impact des espèces végétales envahissantes, ainsi que la diversité végétale et l'analyse des écosystèmes. Le premier axe examine les mécanismes biochimiques et les profils phytochimiques d'*A. indica* et de *L. leucocephala*, en mettant l'accent sur leurs effets inhibiteurs ou facilitateurs sur d'autres plantes. Le deuxième axe évalue les conséquences écologiques de *L. leucocephala* en tant qu'espèce envahissante, en particulier son rôle allélopathique dans l'exclusion compétitive. La troisième dimension explore les impacts plus larges au niveau de l'écosystème, y compris les interactions microbiennes du sol et les changements de biodiversité résultant de l'interférence allélopathique.

3.1.3 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les études ont été retenues si elles portaient sur les effets allélopathiques d'*A. indica* ou de *L. leucocephala* dans des environnements contrôlés ou naturels, fournissaient des données quantitatives ou qualitatives sur les interactions entre plantes et avaient été publiées en anglais entre 2020 et 2026. Les critères d'exclusion comprenaient les études dépourvues de données empiriques, celles axées exclusivement sur des interactions non allélopathiques (par exemple, la concurrence pour la lumière ou les nutriments) et les publications non soumises à un examen par les pairs.

3.1.4 Processus de sélection des études

La recherche initiale a permis de recenser 257 documents, dont 30 doublons ont été supprimés. Après examen des titres et des résumés, 176 documents ont été exclus pour cause de

non.pertinence. L'évaluation du texte intégral des 29 articles restants a conduit à l'exclusion de 8 études qui ne répondaient pas aux critères d'éligibilité. La revue finale comprenait 21 études.

Le diagramme PRISMA (figure 1) illustre le processus de sélection. Parmi les biais potentiels figure la prédominance des études en laboratoire par rapport aux expériences sur le terrain, ce qui peut limiter la généralisation des résultats aux écosystèmes naturels. De plus, l'accent mis sur les publications récentes pourrait faire passer inaperçues des études fondamentales publiées avant 2020.

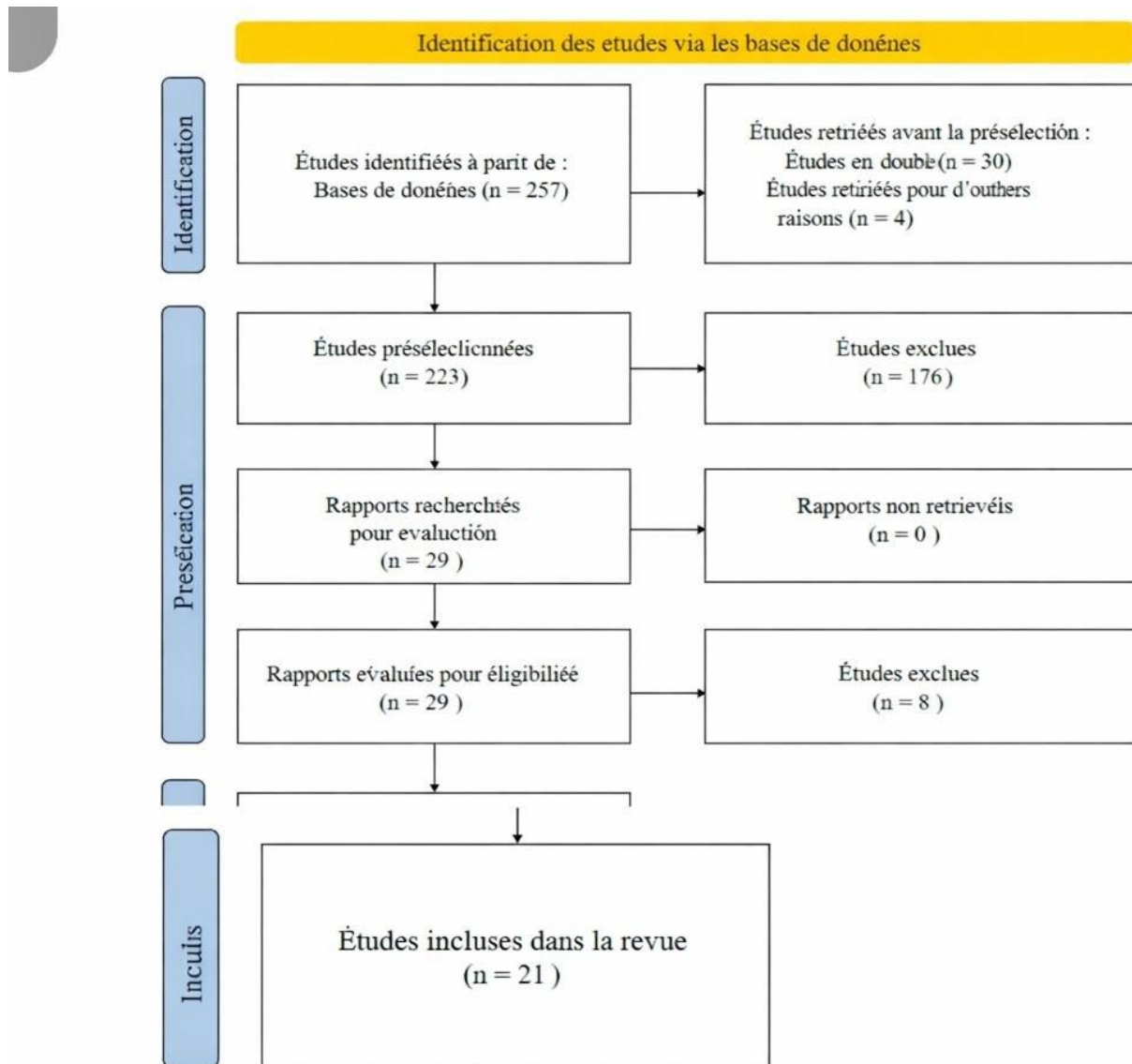


Figure III-4: Diagramme de flux PRISMA du processus de sélection des études.

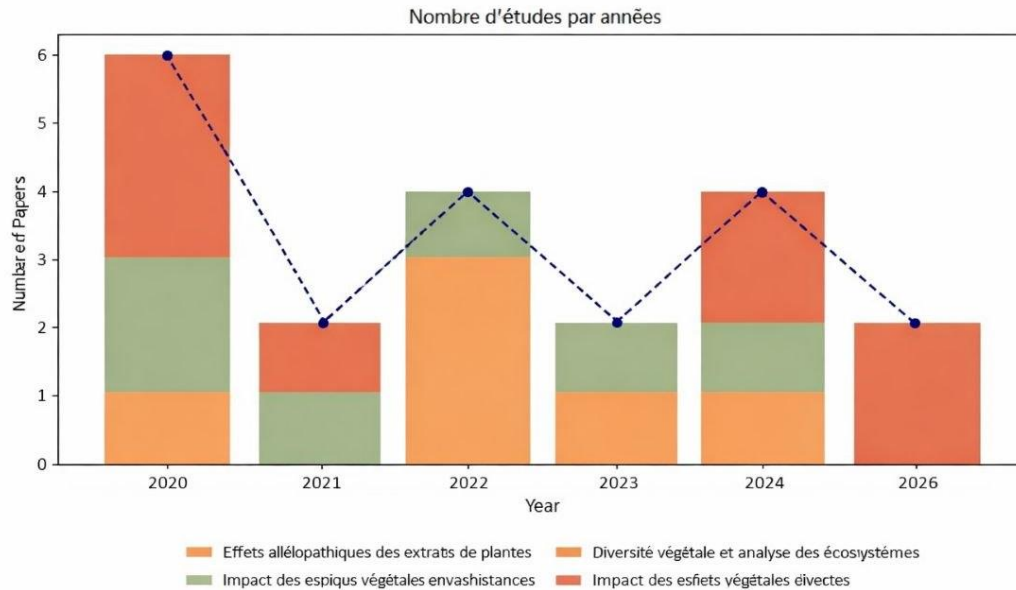


Figure III-5: Tendances de recherche dans le domaine des effets allélopathiques d'*Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala* : synthèse bibliographique comparative.

La répartition temporelle des publications révèle des tendances distinctes dans les axes de recherche au cours de la période étudiée. Entre 2020 et 2026, l'intérêt des chercheurs pour les interactions allélopathiques impliquant *Azadirachta indica* et *Leucaena leucocephala* a fluctué, avec des pics notables en 2020 (6 publications) et 2024 (4 publications). Cette distribution bimodale suggère un regain d'intérêt ces dernières années, potentiellement motivé par des préoccupations croissantes concernant la gestion des espèces envahissantes et les pratiques agricoles durables. L'absence de publications en 2025 et la présence de deux études datées de 2026 reflètent probablement des retards d'indexation plutôt que de véritables lacunes dans la recherche.

L'analyse thématique met en évidence une évolution des priorités dans trois axes de recherche. Les études sur les effets allélopathiques des extraits végétaux ont occupé une place prépondérante en 2022 (3 publications), avant de faire l'objet d'un intérêt soutenu mais moindre au cours des années suivantes. Cette tendance va de pair avec une sophistication méthodologique accrue dans la caractérisation phytochimique au cours de cette période. La recherche sur les impacts des espèces envahissantes a maintenu une production relativement constante, apparaissant dans cinq des sept années analysées, ce qui souligne les préoccupations écologiques persistantes concernant l'expansion de *L. leucocephala*. Le changement le plus

marqué s'est produit dans l'analyse de la diversité végétale et des écosystèmes, qui a dominé les premières recherches (3 publications en 2020) avant de connaître un regain d'intérêt en 2024.2026, reflétant la maturation du domaine vers des investigations au niveau des systèmes.

3.1.5 Effets allélopathiques des extraits végétaux

Le potentiel allélopathique d'*Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala* a été largement documenté, des études ayant mis en évidence des effets inhibiteurs ou stimulateurs à des degrés divers sur les espèces cibles. Une analyse comparative de ces effets révèle des mécanismes phytochimiques distincts et des implications écologiques différentes.

Le tableau III-11 présente une classification systématique des études incluses en fonction des espèces végétales, des organismes cibles et des effets allélopathiques observés.

Tableau III-11: Analyse comparative des effets allélopathiques de certaines espèces végétales

Espèces végétales	Organismes cibles	Effets observés	Sources
<i>Azadirachta indica</i>	Cultures (niébé)	Inhibition de la germination, viabilité des plantules	(Awosanya (2024))
	Cultures maraîchères	Effets sur la germination et la croissance des plantules	(Khanam, , <i>et al.</i> (2020)
<i>Leucaena leucocephala</i>	Espèces indigènes	Potentiel allélopathique (général)	(Alvim, <i>et al.</i> (2023)
Populus deltoides	Cultivars de riz	Inhibition de la germination et de la croissance	(Abedi (2022)) (Abedi <i>et al.</i> (2022))
Tabac (divers)	Mauvaises herbes (Digitaria spp.) et maïs	Potentiel herbicide, effets sur le développement des cultures	(Ribeiro <i>et al.</i> (2022)

Azadirachta indica présente des effets inhibiteurs constants dans plusieurs études. Les recherches menées par (Awosanya (2024)) ont démontré une suppression significative de la germination du niébé (*Vigna unguiculata*) et de la viabilité des plantules lors d'un traitement à l'extrait de feuilles de neem. De même, (Khanam *et al.* (2020)) a rapporté une inhibition dose.dépendante chez les cultures maraîchères, avec des effets plus marqués observés à des concentrations plus élevées. Ces résultats concordent avec le profil phytochimique connu du

neem, qui contient de puissants allélochimiques tels que l'azadirachtine, la nimbine et la salannine, qui interfèrent avec les processus cellulaires des plantes cibles.

Leucaena leucocephala présente un profil allélopathique plus complexe. Si (Alvim, *et al.* (2023)) a mis en évidence un potentiel allélopathique général à l'encontre des espèces indigènes, les mécanismes semblent multiples, impliquant à la fois une inhibition biochimique directe et des effets indirects induits par le sol. La présence de mimosine et d'autres composés phénoliques dans le leucaena contribue à ses propriétés phytotoxiques, bien que certaines études suggèrent que ces effets puissent dépendre du contexte, variant en fonction des conditions environnementales et de la sensibilité des espèces réceptrices. Des études comparatives sur d'autres espèces fournissent des repères utiles pour évaluer ces effets. Par exemple, des recherches sur *Populus deltoides* ((Abedi (2022)) (Abedi & Abdi (2022)) ont montré des schémas d'inhibition de la germination similaires chez les cultivars de riz, bien que les composés actifs diffèrent de ceux du neem ou du leucaena. L'étude sur le tabac (Ribeiro & Boiago (2022)) illustre en outre comment le potentiel allélopathique peut être exploité pour lutter contre les mauvaises herbes tout en minimisant les dommages aux cultures, suggérant des applications potentielles pour *A. indica* dans les systèmes de lutte intégrée contre les ravageurs. La nature dépendante de la concentration des effets allélopathiques apparaît comme un facteur critique dans l'ensemble des études. Des concentrations plus faibles d'extraits végétaux présentent parfois des effets stimulants sur certaines espèces, tandis que des concentrations plus élevées entraînent systématiquement une inhibition. Cette réponse biphasique a des implications importantes pour les interactions écologiques et les applications agricoles, où des concentrations sublétales pourraient involontairement favoriser la croissance des mauvaises herbes plutôt que de la supprimer.

3.1.6 Impact des espèces végétales envahissantes sur les écosystèmes

Les conséquences écologiques des espèces végétales envahissantes, en particulier *Leucaena leucocephala*, ont fait l'objet d'études approfondies dans divers contextes, allant des forêts tropicales sèches à la remise en état des terres minières. Une classification systématique de ces impacts est présentée dans le tableau III-12, qui met en évidence les effets variés des espèces envahissantes sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes.

Tableau III-12: Classification hiérarchique des impacts des espèces envahissantes

Type d'impact	Thème spécifique	Contexte/Région	Sources
Impact écologique	Modification de la composition forestière	Forêts tropicales sèches	(Kaushik , <i>et al.</i> (2024)
	Effets allélopathiques	Études comparatives (A. indica, L. leucocephala)	(Byalt <i>et al.</i> (2021))
	Dynamique des communautés végétales	Remise en état des terres minières (Ghana)	(Cudjoe <i>et al.</i> (5531))
Impact socio. économique et environnemental	Voies de propagation et défis de gestion	Ghana (généralités)	(Dwomoh, <i>et al.</i> (2023)
	Risques liés aux espèces d'arbres exotiques	Inde (ravageurs, utilisation de l'eau, caractère envahissant)	(Panigrahi (2020)
Biodiversité et statut d'invasion	Plantes ornementales échappées et diversité des espèces	Parcs urbains (Nigeria)	(Sanyaolu, <i>et al.</i> (2020)
	Caractérisation de la flore exotique	Oman (habitats, voies d'introduction)	(Patzelt, <i>et al.</i> (2022)

Les impacts écologiques des espèces envahissantes sont particulièrement évidents dans les écosystèmes forestiers. (Kaushik, *et al.* 2024) a documenté des modifications significatives de la composition des forêts tropicales sèches dues à l'invasion de *Gliricidia sepium*, les mesures de la surface terrière (BA) montrant une dominance de l'espèce envahissante par rapport aux espèces indigènes telles que *Azadirachta indica*. Cette modification de la structure forestière suggère des mécanismes d'exclusion compétitive, potentiellement exacerbés par des interactions allélopathiques. De même, (Byalt & Korshunov, 2021) a observé que *Prosopis juliflora* présentait une auto.inhibition minimale en conditions de terrain, contrairement aux effets allélopathiques plus marqués observés chez *L. leucocephala* et *A. indica*. Ces résultats soulignent la variabilité du potentiel allélopathique parmi les espèces envahissantes et leurs impacts différenciés sur la végétation indigène.

Dans le cadre de la remise en état des terres minières, les espèces envahissantes ont constitué à la fois une solution et un problème. (Cudjoe & Anning (5531)) a rapporté que

l'utilisation de plantes envahissantes dans les zones minières du Ghana a modifié les caractéristiques des communautés végétales, avec des implications pour la restauration à long terme de l'écosystème. Si ces espèces facilitent souvent l'établissement initial de la végétation, leur persistance peut entraver la restauration de la biodiversité indigène. Ce double rôle trouve un écho dans les analyses socio.économiques ; (Dwomoh, *et al.* (2023)) a mis en évidence la manière dont les espèces envahissantes au Ghana se propagent par des voies liées à l'activité humaine, créant des défis de gestion qui recoupent les priorités du développement agricole et urbain.

Les risques liés aux espèces d'arbres exotiques vont au-delà des perturbations écologiques.

(Panigrahi (2020) a mis en évidence de multiples impacts négatifs en Inde, notamment l'allélopathie, la vulnérabilité aux ravageurs et une consommation excessive d'eau, qui, ensemble, accentuent le caractère envahissant de ces espèces. Ces facteurs compliquent la mise en balance entre les avantages utilitaires des espèces exotiques (par exemple, *L. leucocephala* pour le fourrage) et leurs coûts écologiques. Par ailleurs, des études telles que (Sanyaolu, , *et al.* (2020) et (Patzelt,*et al.* (2022)) soulignent le rôle des activités anthropiques dans les invasions d'espèces, qu'il s'agisse de plantes ornementales échappées au Nigeria ou de l'introduction de flore exotique à Oman via les routes commerciales.

Le tableau et la synthèse narrative révèlent que les impacts des espèces envahissantes sont multiples, impliquant non seulement des effets allélopathiques directs, mais aussi des conséquences écologiques et socio.économiques plus larges. L'absence relative d'une forte auto.inhibition allélopathique chez certaines espèces (par exemple, *P. juliflora*) suggère que leur caractère envahissant pourrait reposer davantage sur la compétition pour les ressources ou la tolérance aux perturbations que sur l'interférence biochimique. Cette distinction a des implications importantes pour les stratégies de gestion, qui pourraient devoir privilégier la lutte mécanique ou biologique plutôt que l'atténuation de l'allélopathie dans certains cas.

3.1.7 Diversité végétale et analyse des écosystèmes

Les propriétés allélopathiques d'*Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala* ont des implications significatives pour la diversité végétale et le fonctionnement des écosystèmes.

Les études examinant

des implications importantes pour la diversité végétale et le fonctionnement des écosystèmes. Les études examinant ces effets révèlent des interactions complexes qui influencent la composition des espèces, la structure des communautés et la résilience écologique.

Tableau III-13: Analyse comparative de la diversité végétale et des impacts sur les écosystèmes

Référence de l'étude	Espèces étudiées	Principales conclusions	Implications écologiques
IS13	L. leucocephala	Suppression allélopathique de la germination dans les espaces verts urbains	Recrutement réduit des espèces indigènes dans le parc forestier d'Arroceros à Manille
IS14	L. leucocephala	Tendances envahissantes dans les habitats perturbés du Tamil Nadu	Déplacement de la flore indigène et modification des voies de succession
IS15	Flore générale	Rôle des jardins botaniques dans la conservation au Pendjab	Refuge potentiel pour les espèces sensibles à l'allélopathie
IS18	Espèces envahissantes	Perte de biodiversité dans la réserve naturelle d'Hastinapur	L. leucocephala contribue à l'homogénéisation biotique

L'étude de (CRUZ, *et al.* (2026)) a démontré que L. leucocephala présente des propriétés allélopathiques

L'étude de (MB CRUZ, ISIP, *et al.* (2026)) a démontré que L. leucocephala présente des propriétés allélopathiques capables d'inhiber la germination dans les espaces verts urbains, en particulier au parc forestier d'Arroceros à Manille. Cet effet contribue à réduire le recrutement des espèces indigènes, ce qui pourrait modifier la dynamique forestière à long terme. De même, (Ramarajan, , *et al.* (2026)) a documenté les tendances envahissantes de L. leucocephala dans



des habitats perturbés par l'activité humaine au Tamil Nadu, où elle perturbe les communautés végétales indigènes et modifie les trajectoires de succession. Ces résultats s'inscrivent dans des tendances plus générales concernant les impacts des espèces envahissantes sur l'intégrité des écosystèmes.

En revanche, (Iqbal, , *et al.* (2020)) a mis en évidence le potentiel de conservation des jardins botaniques du Pendjab, qui peuvent servir de refuges pour les espèces sensibles aux interférences allélopathiques. Bien que cette étude ne se soit pas spécifiquement concentrée sur l'allélopathie, elle souligne l'importance des zones protégées pour le maintien de la diversité végétale face à des pressions biotiques croissantes. Le rôle d'*A. indica* dans ces contextes reste peu documenté, ce qui suggère la nécessité de mener des études comparatives dans des environnements similaires.

Les conséquences écologiques plus larges des invasions allélopathiques sont mises en évidence dans (Kumar & *et al.* (2024)), qui a examiné la perte de biodiversité dans la réserve naturelle d'Hastinapur, en Inde. L'étude a identifié *L. leucocephala* comme un facteur important de l'homogénéisation biotique, où les espèces indigènes sont supplantées et les fonctions écosystémiques simplifiées. Ce schéma reflète les tendances mondiales concernant les impacts des espèces envahissantes, où l'allélopathie aggrave l'exclusion compétitive et

Des études telles que (Dhyani, *et al.* (2020), (. Panda, , *et al.* (2020)), (Pramod & *et al.* (2021)) et (Shila, *et al.* (2024)) n'ont pas fourni de données spécifiques sur les effets allélopathiques, mais ont contribué à la compréhension de la diversité des arbres urbains et de la composition floristique. Ces travaux soulignent collectivement la nécessité d'adopter des approches de gestion intégrées qui tiennent compte à la fois des effets directs et indirects des espèces allélopathiques sur la santé des écosystèmes. La variabilité des impacts de *L. leucocephala* selon les habitats — des parcs urbains aux zones protégées — suggère que ses conséquences écologiques dépendent du contexte et sont influencées par les pools d'espèces locaux, les régimes de perturbation et les pratiques de gestion.

La synthèse de ces études révèle que les interactions allélopathiques ne sont pas de simples phénomènes biochimiques, mais des facteurs de changement à l'échelle de l'écosystème. La suppression des espèces indigènes par *L. leucocephala* peut se répercuter en cascade à travers les réseaux trophiques, affectant les pollinisateurs, les disperseurs de graines



et le microbiote du sol. À l'inverse, le potentiel d'*A. indica* en tant qu'agent de lutte biologique dans les écosystèmes gérés mérite d'être approfondi, notamment pour trouver un équilibre entre ses utilisations bénéfiques et ses effets écologiques indésirables. Les recherches futures devraient donner la priorité aux études longitudinales afin de démêler les contributions relatives de l'allélopathie, de la compétition et d'autres mécanismes aux schémas observés de changement de la biodiversité.

3.2 Discussion

La synthèse des recherches existantes sur les effets allélopathiques d'*Azadirachta indica* et de *Leucaena leucocephala* met en évidence plusieurs tendances et contradictions majeures qui méritent une analyse plus approfondie. Dans l'ensemble, les résultats démontrent de manière cohérente que les deux espèces exercent des influences biochimiques significatives sur les plantes voisines, bien que leurs rôles écologiques divergent nettement. *A. indica* apparaît comme un puissant inhibiteur de la germination des graines et de la croissance des plantules, ses effets étant largement attribués à des composés bioactifs tels que l'azadirachtine, la nimbine et la salannine (Awosanya (2024)) (Khanam, *et al.* (2020)). En revanche, *L. leucocephala* présente un profil allélopathique plus dépendant du contexte, ses effets allant de la suppression des espèces indigènes à des interactions facilitantes dans certains environnements (Alvimet *al.* (2023) (Kaushik, *et al.* (2024)). Cette dualité souligne la complexité des interactions allélopathiques, qui sont médiées non seulement par la phytochimie, mais aussi par des facteurs écologiques et anthropiques.

Les implications théoriques de ces résultats s'étendent à notre compréhension des interactions entre plantes dans les écosystèmes envahis. Les effets inhibiteurs constants d'*A. indica* concordent avec les modèles traditionnels d'allélopathie, selon lesquels les espèces dominantes répriment chimiquement leurs concurrentes afin de s'assurer des ressources (Blanco (2007)). Cependant, les effets variables de *L. leucocephala* remettent en question ce paradigme, suggérant que l'allélopathie pourrait constituer un élément d'une stratégie d'invasion plus large comprenant une croissance rapide, la fixation de l'azote et la tolérance aux perturbations (Byalt & Korshunov (2021)) (Panigrahi (2020)). Cela vient étayer les nouveaux cadres théoriques qui considèrent l'allélopathie comme un mécanisme dépendant du contexte, modulé par les propriétés du sol, les communautés microbiennes et la variabilité des conditions



climatiques (température, humidité et disponibilité hydrique), ainsi que par les interactions biotiques entre espèces végétales et organismes du sol (Dhanda & Chauhan, 2022).

Concrètement, les profils allélopathiques distincts de ces espèces s'accompagnent d'applications et de défis spécifiques. La phytotoxicité d'*A. indica* offre des perspectives pour l'agriculture durable, ses extraits pouvant servir d'herbicides naturels ou de régulateurs de croissance (Farooq, *et al.* (2011)). Cependant, la nature dose.dépendante de ses effets nécessite une application précise afin d'éviter toute suppression involontaire des cultures (Khanam, *et al.* (2020)). À l'inverse, le caractère envahissant de *L. leucocephala* exige des stratégies de gestion ciblées qui tiennent compte de ses contributions allélopathiques à la dégradation de l'écosystème. Par exemple, les projets de restauration dans les forêts tropicales sèches pourraient donner la priorité à l'élimination de *L. leucocephala* afin d'atténuer sa suppression des semis indigènes (Kaushik, *et al.* (2024)), tout en tirant parti d'*A. indica* comme alternative indigène pour la stabilisation des sols.

Plusieurs limites méthodologiques de cette revue restreignent la généralisation de ses conclusions. La prédominance des études en laboratoire par rapport aux expériences sur le terrain introduit des biais potentiels, car les effets allélopathiques observés dans des environnements contrôlés peuvent ne pas se manifester pleinement dans des écosystèmes naturels complexes (Souto,*et al.* (1994)). De plus, l'exclusion de la littérature antérieure à 2020, bien que visant à rendre compte des avancées récentes, risque de passer à côté d'études fondamentales qui contextualisent les résultats actuels. Un biais de publication en faveur des effets inhibiteurs significatifs pourrait également fausser la synthèse, car les études faisant état d'interactions neutres ou facilitantes pourraient être sous.représentées (Zhang, *et al.* (2021)). Ces limites soulignent la nécessité de mener davantage de recherches longitudinales sur le terrain afin de valider les observations en laboratoire.

Les recherches futures devraient combler plusieurs lacunes identifiées dans cette synthèse. Premièrement, des études comparatives opposant directement les effets allélopathiques d'*A. indica* et de *L. leucocephala* dans des conditions environnementales identiques sont nécessaires pour isoler les mécanismes spécifiques à chaque espèce (Souto, *et al.* (1994)). Deuxièmement, le rôle des microbiomes du sol dans la médiation des interactions allélopathiques reste sous. exploré ; des expériences visant à étudier comment les communautés microbiennes modifient la biodisponibilité et la puissance des allélochemicals pourraient

apporter de nouvelles perspectives (Revillini, *et al.* (2023)). Troisièmement, il est nécessaire de mener des recherches appliquées pour déterminer les concentrations seuils auxquelles les extraits d'A. indica peuvent être utilisés en agriculture sans nuire aux espèces non ciblées (Souto, *et al.* (1994)). Enfin, les conséquences à long terme des invasions de L. leucocephala sur les écosystèmes — en particulier ses effets durables sur la chimie du sol et les banques de graines — nécessitent des recherches supplémentaires pour éclairer les stratégies de restauration (Cudjoe & Anning (5531)) (Kumar & Narayan (2024)).

Les implications écologiques et agricoles de ces axes de recherche sont considérables. En clarifiant les mécanismes et les contextes des interactions allélopathiques, les études futures pourront affiner les modèles prédictifs concernant les impacts des espèces envahissantes et optimiser l'utilisation des plantes allélopathiques dans la gestion durable des terres. Par exemple, comprendre comment l'allélopathie de L. leucocephala interagit avec sa capacité de fixation de l'azote pourrait éclairer la gestion intégrée

l'allélopathie interagit avec sa capacité de fixation de l'azote pourrait éclairer des approches de gestion intégrée qui traitent simultanément de l'enrichissement des sols et de la suppression des espèces indigènes (35). De même, l'exploitation des propriétés phytochimiques d'A. indica pour le contrôle des mauvaises herbes pourrait réduire la dépendance aux herbicides synthétiques, s'inscrivant ainsi dans les tendances mondiales vers une intensification écologique de l'agriculture (Farooq, , , *et al.* (2011)).



Résumé

L'allélopathie joue un rôle essentiel dans la régulation des interactions végétales, influençant la dynamique des écosystèmes et contribuant au caractère envahissant de certaines espèces. Cette revue systématique de la littérature examine les effets allélopathiques d'*Azadirachta indica* (neem) et de *Leucaena leucocephala* (leucaena), deux espèces ayant des implications écologiques et agricoles importantes. Alors qu'*A. indica* est largement reconnue pour ses propriétés phytochimiques et son potentiel de lutte biologique, *L. leucocephala* est souvent considérée comme une espèce envahissante ayant des effets allélopathiques sur la flore indigène. Nous synthétisons les recherches existantes afin de comparer leurs mécanismes allélopathiques, leurs conséquences écologiques et leurs applications potentielles dans l'agriculture durable. Cette revue adopte une approche méthodologique rigoureuse, analysant systématiquement des études évaluées par des pairs afin d'identifier les tendances, les contradictions et les lacunes dans la compréhension actuelle de leurs comportements allélopathiques. Les résultats révèlent qu'*A. indica* présente de forts effets inhibiteurs sur la germination des graines et la croissance des plantules chez de multiples espèces végétales, principalement en raison de composés bioactifs tels que l'azadirachtine. En revanche, *L. leucocephala* présente à la fois des effets inhibiteurs et facilitateurs, son caractère envahissant étant souvent lié à l'altération du sol et à l'exclusion compétitive. L'écologie caractère envahissant souvent associé à l'altération des sols et à l'exclusion compétitive. Les implications écologiques de ces interactions allélopathiques sont examinées, notamment dans le contexte de la conservation de la biodiversité et de la gestion des agroécosystèmes. Nous concluons que, bien que les deux espèces possèdent un potentiel allélopathique important, leurs impacts divergent nettement en termes de conséquences écologiques et d'utilité pratique. Cette synthèse comparative jette les bases de futures recherches sur les interactions allélopathiques entre plantes et apporte un éclairage sur leur rôle dans la restauration écologique et les systèmes agricoles.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette étude comparative sur *Azadirachta indica* et *Leucaena leucocephala* souligne l'importance des interactions allélopathiques dans la gestion durable des mauvaises herbes et la réduction de l'usage des herbicides chimiques. Elle montre que ces deux espèces possèdent un fort potentiel biochimique exploitable en agriculture écologique.

Les résultats confirment que les deux plantes produisent des composés allélopathiques inhibant la germination et la croissance des adventices. Chez *L. leucocephala*, ces effets sont surtout liés à la mimosine et aux composés phénoliques, tandis que chez *A. indica*, ils proviennent principalement des limonoïdes et autres métabolites secondaires, avec une efficacité dépendant des conditions environnementales.

Cependant, *A. indica* se distingue par une action plus stable et des propriétés antimicrobiennes intéressantes, alors que *L. leucocephala* présente un potentiel plus variable mais aussi un risque écologique lié à son caractère invasif.

L'étude met aussi en évidence plusieurs limites importantes, notamment la diversité des méthodes expérimentales et le manque de validation en conditions réelles, ce qui limite la fiabilité et la généralisation des résultats obtenus en laboratoire.

Par ailleurs, l'allélopathie est présentée comme un phénomène écologique complexe qui influence non seulement les plantes, mais aussi les sols, les micro-organismes et l'équilibre des écosystèmes. Elle peut donc être à la fois un outil agricole et un facteur d'invasion biologique.

Sur le plan pratique, ces deux espèces constituent des ressources prometteuses pour les bioherbicides, mais leur utilisation nécessite encore des recherches approfondies sur la sécurité, la stabilité et la sélectivité des composés actifs.

Les recherches futures doivent privilégier les essais en conditions naturelles, l'étude des interactions avec les microbiomes du sol et l'évaluation des impacts écologiques à long terme afin de garantir une application durable.

Enfin, l'étude conclut que *A. indica* est particulièrement adaptée à la protection intégrée des cultures, tandis que *L. leucocephala* illustre la complexité des effets allélopathiques dans les écosystèmes.

Références



Références

- [1] Abedi, R. (2022). Potentiel allélopathique des extraits de feuilles de peuplier (*Populus deltoides*) sur certaines variétés de riz (*Oryza sativa* L.). *Polish Journal of Natural Sciences*.
- [2] Abedi, R., & Abdi, S. (2022). Potentiel allélopathique des extraits de feuilles de peuplier deltoïde (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.) sur certaines variétés de riz (*Oryza sativa* L.). *Polish Journal of Natural Sciences*.
- [3] Akazawa, M., & Kato-Noguchi, H. (2023). Allelopathic characteristic of a noxious weed *Leptochloa chinensis*. *Environmental Control in Biology*.
- [4] Alaila, A. K. (2022). Allelopathy effect of aqueous extracts of *Arum cyreniacum* on germination of seeds of some leguminous crops. *Al-Bayan Scientific Journal*.
- [5] Alvim, S., Böhm, F. M. L., & Pastorini, L. H. (2023). Allelopathic potential of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit leaf extracts on native species. *Brazilian Journal of Biology*.
- [6] Awosanya, A. O. (2024). Effet allélopathique des extraits de neem (*Azadirachta indica*) sur la germination et la viabilité des plantules de niébé. *Journal of Science and Information*.
- [7] Bageel, A., Honda, M. D. H., Carrillo, J. T., & Borthakur, D. (2020). Giant leucaena (*Leucaena leucocephala* subsp. *glabrata*): A versatile tree-legume for sustainable agroforestry. *Agroforestry Systems*.
- [8] Blanco, J. A. (2007). La représentation de l'allélopathie dans les modèles forestiers à l'échelle de l'écosystème. *Ecological Modelling*.
- [9] Boaprem, P. (2019). Allelopathic effects of leucaena leaves extract (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) on the growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*.
- [10] Bogelil, M. B., & Salim, M. A. A. S. (2025). The allelopathic effects of aqueous extracts from *Vachellia nilotica* on the germination and development of *Citrullus lanatus* L. *AlMukhtar Journal of Agricultural Sciences*.
- [11] Byalt, V. V., & Korshunov, M. V. (2021). Répartition de l'espèce envahissante *Prosopis juliflora* (Mimosaceae) à Fujairah (Émirats arabes unis). *Russian Journal of Biological Invasions*.
- [12] Casas, V. J. M., Melencion, M. G., Toledo, J. M. S., et al. (2024). Allelopathic effect of *Piper aduncum* L. leaf extract on the seed germination of *Vigna radiata* L. as model organism. *Kragujevac Journal of Science*.

- [13] Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*.
- [14] Chhabra, R., Sharma, R., & Kaur, T. (2021). Phyto-allelopathic effect of different trees leaves aqueous extracts on seed germination and seedling growth of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Indian Journal of Weed Science*.
- [15] Chuah, T. S., Norhafizah, M. Z., & Ismail, B. S. (2015). Evaluation of the biochemical and physiological activity of the natural compound 2,4-di-tert-butylphenol on weeds. *Crop & Pasture Science*.
- [16] Combalicer, M. S., Carayugan, M. B. A., et al. (2019). Allelopathic property of an Invasive tree *Broussonetia papyrifera* in Mount Makiling Forest Reserve, Philippines. *Philippine Journal of Science*.
- [17] Cruz, M. B., Hubilla, C. A., Frianeza, R. P. M., Isip, J. S. J., et al. (2026). Diversité des espèces, biomasse et stock de carbone du parc forestier d'Arroceros à Manille, Philippines. *Taiwania*.
- [18] Cudjoe, J. A., & Anning, A. K. (s.d.). Utilisation de plantes envahissantes dans la reclamation des terres minières au Ghana. *SSRN 5531683*.
- [19] Délye, C., Jasieniuk, M., & Le Corre, V. (2013). Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*.
- [20] Dhanda, S., & Chauhan, B. S. (2022). Écologie de la germination des graines de *Leucaena leucocephala* sous l'influence de divers paramètres environnementaux. *Weed Science*.
- [21] Dhyani, S., Fulwadhani, P. S., Gujre, N., et al. (2020). Une méthode basée sur un système de notation pour évaluer l'importance de la forêt urbaine et de ses services écosystémiques. *International Journal of Plant and Environment*.
- [22] Dwomoh, J., Ofori, S. A., Frimpong, D. K., et al. (2023). Espèces végétales envahissantes au Ghana : voies de propagation, impacts socio-économiques et environnementaux.
- [23] Ebrahimi, M., Ricki Maryshany, A., et al. (2016). Effect of extract of fast growing species *Trifolium alexandrinum* L. on germination and nutrient uptake of *Prosopis cineraria*. *Ecopersia*.
- [24] El-Nuby, A. S. M., & Alam, E. A. (2020). Phytochemical and nematocidal activity studies of extracts of *Leucaena leucocephala* against *Meloidogyne incognita*. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*.
- [25] Enyew, A., & Raja, N. (2015). Allelopathic effect of *Lantana camara* leaf powder on maize and wheat cultivars. *Asian Journal of Agricultural Science*.

- [26] Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z. A., *et al.* (2011). Le rôle de l'allélopathie dans la lutte contre les ravageurs agricoles. *Pest Management Science*.
- [27] Hameed, M., Fatima, S., Shah, S. M. R., *et al.* (2020). Ultrastructural response of wheat lines to allelopathy of *Alstonia scholaris* leaf extract. *Turkish Journal of Botany*.
- [28] Iqbal, I. M., Shabbir, A., Shabbir, K., Naveed, M., Urooj, F., *et al.* (2020). Flore arboricole du jardin botanique et des campus de l'université du Pendjab au Pakistan. *Biologia*.
- [29] Ishak, M. S., Ain, M. B. N., Sahid, I., *et al.* (2021). Allelopathic screening of Malaysian noxious weeds and medicinal plants as potential alleloherbicides. *Journal of Environmental Biology*.
- [30] Ishak, M. S., Iberahim, Z., *et al.* (2021). Comparative response of Malaysian weedy rice towards the allelopathic potential of *Leucaena leucocephala*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- [31] Jamuna, M., Kaffoor, A., & Arunkumar, R. (2024). An inventory of invasive alien species in Anuvavi Hills, Tamil Nadu, India. *Kongunadu Research Journal*.
- [32] Javaid, M. M., Bhan, M., Johnson, J. V., *et al.* (2015). Biological and chemical characterizations of allelopathic potential of sunn hemp. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.
- [33] Javaid, N., Shah, M. H., Khan, I. H., Javaid, A., *et al.* (2020). Herbicidal activity of *Ageratum conyzoides* against parthenium. *Pakistan Journal of Weed Science Research*.
- [34] Kalpana, P., & Navin, M. K. (2015). Assessment of allelopathic potential of *Leucaena leucocephala* on *Raphanus sativus*. *International Journal of Scientific Research Publications*.
- [35] Kato-Noguchi, H., & Kurniadie, D. (2022). Allelopathy and allelochemicals of *Leucaena leucocephala* as an Invasive plant species. *Plants*.
- [36] Khanam, H., Rahman, M. S., Islam, M. J., *et al.* (2020). Effet allélopathique des extraits de feuilles de neem sur certaines cultures maraîchères.
- [37] Khare, N., Marak, A. D., & Rout, S. (2016). Allelopathic effect of *Leucaena leucocephala* on pansy (*Viola tricolor* L.). *Journal of Applied and Natural Science*.
- [38] Kong, C. H., Li, Z., Li, F. L., Xia, X. X., & Wang, P. (2024). Interactions plante-plante à médiation chimique : allélopathie et allélobiose. *Plants*.
- [39] Kugedera, A., & Kokerai, L. (2019). Agroforestry species have negative allelopathic effect on food and fodder crops. *International Journal of Agricultural Agribusiness*.
- [40] Kumar, A., & Narayan, R. (2024). Composition floristique et analyse de la provenance : réserve naturelle d'Hastinapur. *Environment and Ecology*.

- [41] Lalremsang, P., Gopichand, B., *et al.* (2017). Allelopathic effects of *Trevesia palmata* leaf extract on maize and french bean seedlings. *Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences*.
- [42] Lopes, R. W. N., Marques Morais, E., Lacerda, J. J. J., *et al.* (2022). Bioherbicidal potential of plant species with allelopathic effects on *Bidens bipinnata*. *Scientific Reports*.
- [43] Mishra, A., Mishra, S., Rajak, P., *et al.* (2023). *Leucaena leucocephala* and *Prosopis juliflora*: Comparative study of drought adaptation. *International Journal of Plant Environment*.
- [44] Mori, D., Ogita, S., Fujise, K., Inoue, A., *et al.* (2015). Bioassay for allelopathy in leguminous plants containing mimosine. *Journal of Plant Studies*.
- [45] Mushtaq, W., Ain, Q., Siddiqui, M. B., & Hakeem, K. R. (2019). Cytotoxic allelochemicals induce ultrastructural modifications in *Cassia tora* and *Allium cepa*. *Protoplasma*.
- [46] Oaya, C. S., Malgwi, A. M., Degri, M. M., *et al.* (2019). Impact of synthetic pesticides utilization on humans and the environment. *Agricultural Science & Technology*.
- [47] Ojija, F. (2022). Eco-friendly management of *Parthenium hysterophorus*. *Science Progress*.
- [48] Pacanoski, Z., & Mehmeti, A. (2021). Worldwide complexity of weeds. *Acta Herbologica*.
- [49] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., *et al.* (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71).
- [50] Panda, T., Pradhan, B. K., Mishra, R. K., Rout, S. D., *et al.* (2020). Diversité des angiospermes dans la région de Bhadrak, Odisha, Inde. *Journal of Threatened Taxa*.
- [51] Panigrahi, S. (2020). Espèces d'arbres exotiques en Inde : problèmes et perspectives. *International Journal of Botany Studies*.
- [52] Patzelt, A., Pyšek, P., Pergl, J., & van Kleunen, M. (2022). La flore exotique d'Oman : état de l'invasion et voies d'Introduction. *Biological Invasions*.
- [53] Peng, S. H., Wang, H. H., & Kuo, Y. L. (2019). Methods for preventing the invasion of *Leucaena leucocephala* in Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science*.
- [54] Pramod, C., & Pradeep, A. K. (2021). Observations sur la diversité des plantes à fleurs de Madayippara. *Journal of Threatened Taxa*.
- [55] Putri, W. E. (2022). Allelopathic effect of *Parthenium hysterophorus* leaf litter on wheat seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

- [56] Quy, N. T., Ngan, N. L., Tram, N. N., & Men, T. T. (2024). Investigating plant growth and germination inhibition of extract from *Leucaena leucocephala*. *Journal of Agricultural Technology*.
- [57] Raj, R., Das, T. K., Kaur, R., Singh, R., *et al.* (2018). Invasive noxious weed management research in India. *Indian Journal of Weed Science*.
- [58] Ramli, N., Jamaludin, A. A., & Ilham, Z. (2017). Mimosine toxicity in leucaena biomass. *International Journal of Molecular Sciences*.
- [59] Ramarajan, S., Prakash, L., Petchimuthu, K., *et al.* (2026). Diversité des arbres urbains et défis de conservation dans le Tamil Nadu, Inde.
- [60] Regu, W. (2018). Allelopathic potential of *Eucalyptus* on germination and early seedling growth of agricultural crops. *International Journal of Agricultural Innovation Research*.
- [61] Revillini, D., David, A. S., Reyes, A. L., Knecht, L. D., *et al.* (2023). Les microbiomes sélectionnés par l'allélopathie atténuent l'inhibition chimique des performances des plantes. *New Phytologist*.
- [62] Ribeiro, A. D., & Boiago, N. P. (2022). Potentiel allélopathique du tabac comme bioherbicide. *Revista Cultivando o Saber*.
- [63] Saâ, N. A., Nornasuha, Y., Hadirah, H. N., *et al.* (2018). Evaluation for allelopathic activity of selected tree species grown in BRIS soil. *Journal of Agrobiotechnology*.
- [64] Sandhir, R., Khurana, M., & Singhal, N. K. (2021). Avantages potentiels des composés phytochimiques d'*Azadirachta indica* contre les troubles neurologiques. *Neurochemistry International*.
- [65] Sanyaolu, V. T., Awodoyin, R. O. O., *et al.* (2020). Plantes ornementales échappées et diversité des espèces à Lagos, Nigeria. *Unilag Journal of Multidisciplinary Science and Technology*.
- [66] Saraogi, S., & Melkania, N. P. (2022). Occurrence of hazardous invasive alien plant species in Greater Noida, India. *Indian Economy*.
- [67] Sarma, D., Basumatary, P., & Datta, B. K. (2019). Allelopathic impact of *Melastoma malabathricum* on agricultural crops. *Journal of the Indian Botanical Society*.
- [68] Sekar, K. C., Aseesh, P., Srivastava, S., & Giri, L. (2015). Invasive alien plants of Himachal Pradesh, India. *Indian Forester*.
- [69] Septiadi, L., Wahyudi, D., Rachman, R. S., *et al.* (2018). Invasive plant species along the hiking track of Mount Panderman, Indonesia. *Journal of Indonesian Tropical Agriculture*.

- [70] Sharma, P., Kaur, A., Batish, D. R., Kaur, S., *et al.* (2022). Critical insights into the ecological and invasive attributes of *Leucaena leucocephala*. *Frontiers in Agronomy*.
- [71] Shila, M. A., Shomrat, A., & Uddin, M. Z. (2024). Évaluation de la diversité des arbres dans les zones de Ramna à Dhaka. *Bangladesh Journal of Botany*.
- [72] Souto, X. C., Gonzales, L., & Reigosa, M. J. (1994). Analyse comparative des effets allélopathiques produits par quatre espèces forestières. *Journal of Chemical Ecology*.
- [73] Sun, J., Rutherford, S., Saif Ullah, M., Ullah, I., *et al.* (2022). Plant-soil feedback during biological invasions. *Journal of Plant Ecology*.
- [74] Taques, R. C. V., Vantroba, A. P., Queiros, C. N., *et al.* (2025). Allelopathic effects of Invasive species extracts on pearl millet and sudangrass. *Journal of Crop Science and Biotechnology*.
- [75] Thakur, N. S., Kumar, D., & Gunaga, R. P. (2017). Transient allelopathic propensity of *Melia composita* leaf litter on chickpea. *Indian Journal of Ecology*.
- [76] Vasishth, A., Kokliyal, N., Joshi, R., *et al.* (2020). Allelopathic effects of tree species on traditional agricultural crops of Garhwal Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge*.
- [77] Witt, A., Beale, T., & Van Wilgen, B. W. (2018). Assessment of the distribution and ecological impacts of invasive alien plant species in eastern Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*.
- [78] Xuan, T. D., Tsuzuki, E., Hiroyuki, T., Mitsuhiro, M., Khanh, T. D., *et al.* (2004). Evaluation on phytotoxicity of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) to crops and weeds. *Crop Protection*.
- [79] Yaqin, R. A., Santosa, E., & Guntoro, D. (2024). Allelopathic potential of *Asystasia gangetica* on sweet corn. *Indonesian Journal of Agronomy*.
- [80] Yousif, M. A. I., Wang, Y. R., & Dali, C. (2020). Seed dormancy overcoming and seed coat structure change in *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica*. *Forest Science and Technology*.
- [81] Zeng, R. S., Mallik, A. U., & Luo, S. M. (2008). *Allelopathy in sustainable agriculture and forestry*. Springer.
- [82] Zhang, Z., Liu, Y., Yuan, L., Weber, E., *et al.* (2021). Effet de l'allélopathie sur la performance des plantes : une méta-analyse. *Ecology Letters*.