الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département :Sciences Biologiques

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de master :

Spécialité en :

Biochimie appliquée

Intitulé

Étude du potentiel antioxydant et des activités biologiques du rhizome de l'*Alpinia galanga*

Présenté par :

Mlle : BENSAIDA Habiba

Mlle : BOUCEDRA Rania

Devant les membres de jury :

Président : Mme	BEKHEDA Hadjer	Maître de conférences (B) (U. Relizane)
Encadrant : Mme	BERZOU Sadia	Maître de conférences (A) (U. Relizane)
Examinateur : Mme	BENAICHETA Nora	Maître de conférences (A) (U. Relizane)

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU, le tout-puissant qui nous a donné le courage, la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail.

À notre encadreur de mémoire **Dr BERZOU S,** *nous nous la remercions sincèrement de nous avoir fait l'honneur de bien vouloir diriger ce mémoire.*

Merci pour votre disponibilité et pour vos conseils, vous avez su nous guider tout au long de ce travail avec intérêt et bonne humeur malgré les difficultés rencontrées.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre sincère gratitude et de notre profonde considération.

Nous exprimons nos respectueux remerciements aux membres de jury :

Â Mme BEKHEDA Hadjer *Maitre de conférences au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury*

Â Mme BENAICHETA Nora, *Maitre de conférences au niveau de la faculté des sciences et de la nature, département des sciences biologiques de l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'apporter un regard critique sur ce travail.*

Nos sincères remerciements s'adressent également à l'ensemble du corps enseignant du département de Biologie, pour la qualité de la formation dispensée tout au long de notre cursus, ainsi qu'à tout le personnel des laboratoires pour leur aide technique et leur soutien lors de la réalisation de la partie expérimentale.

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles pour leur soutien indéfectible, leur patience et leurs encouragements tout au long de ce parcours. Un grand merci également à nos amis et collègues pour leur solidarité et les moments de partage qui ont rendu ce travail plus léger.

DEDICACE

À mes très chers parents,

Qui m'ont offert bien plus que la vie, votre amour, votre patience et vos sacrifices

Ont été ma lumière tout au long de ce parcours.

Aucun mot ne saurait exprimer la profondeur de ma gratitude.

À mes chers frères et sœurs,

Mes fidèles compagnons de vie, dont la présence, le soutien et les encouragements

Ont rendu cette étape plus douce à franchir.

À ma directrice de mémoire, Madame Berzou Sadia,

Pour sa disponibilité, ses précieux conseils et son encadrement bienveillant

Tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance.

Habiba.

DEDICACE

C'est avec l'aide et la grâce de ***« Dieu »*** *que j'ai achevé ce modeste travail que je dédie :*

À mes chers parents,

Pour leurs sacrifices, leurs encouragements, leur soutien, leurs précieux conseils et leurs prières tout au long de ma vie que Dieu vous accorde une bonne santé et une longue vie.

À ma chère sœur Ritadj,

Avec toute mon affection et ma reconnaissance pour son soutien et sa présence à mes côtés.

À mes chers frères Yazid et Khaled,

Je vous souhaite réussite, bonheur et prospérité dans tout ce que vous entreprenez.

À toutes les personnes qui m'ont soutenue, encouragée et accompagnée durant la réalisation de ce travail.

À mes amis(es) et à tous ceux qui me sont chers, avec mes sincères remerciements et ma profonde gratitude.

Rania.

ABREVIATIONS

Ag	*Alpinia galanga*
DPPH	2,2-diphényl -1- picrylhydrazyle
IC50	Concentration inhibitrice à 50%
Ext-Etho	Extrait éthanolique
Ext-aq	Extrait aqueux

RESUME

Les plantes médicinales suscitent un intérêt croissant en recherche biomédicale. Elles connaissent un engouement grandissant dans les pays industrialisés et émergents. L'objectif de ce présent travail est l'étude du potentiel antioxydant et des activités biologiques de l'extrait aqueux et éthanolique du rhizome l'*Alpinia galanga.*

La détermination de la teneur en polyphénols totaux est effectuée par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, les teneurs en flavonoïdes sont réalisées par la méthode au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$). L'activité antiradicalaire a été évaluée par le test de réduction du DPPH (2, 2-diphenyl-l-picrylhydrazyl), la capacité antioxydant a été également évaluée et la détermination du pouvoir réducteur en fer des deux extraits est effectuée à l'aide de la méthode de FRAP. De plus, l'activité antiinflammatoire et le pouvoir antifongique sont réalisés.

L'estimation quantitative des teneurs en polyphénols totaux de l'**Ext-Etho-*Ag* vs Ext-Aq-*Ag*** sont de 169,80±3,70 *vs* 109,37±0,20 mg EAG/g), respectivement. La teneur en flavonoïdes est significativement plus élevée dans l'extrait éthanolique (147,28±7,06 µg QE/g) que dans l'extrait aqueux (56,43±1,71 µg QE/g). L'évaluation du pouvoir réducteur du radical DPPH a montré que l'**Ext-Etho-*Ag*** possède une bonne efficacité antioxydante (IC50 = 0,58 ± 0,001 mg/ml) comparée à celle enregistrée dans l'**Ext-Aq-*Ag*** (IC50 = 1,68 ± 0,003 mg/ml), ces valeurs restant proches de celle de l'acide ascorbique (IC50 = 0,30 ± 0,001 mg/ml). De plus, l'**Ext-Etho-*Ag*** présente une capacité antioxydante totale (TAC) significativement plus élevée que l'**Ext-Aq-*Ag***. De même, le pouvoir réducteur ferrique a révélé une activité remarquable dans l'**Ext-Etho-*Ag*** (EC50 = 334,29 µg/ml), par rapport à celui l'**Ext-Aq-*Ag*** (EC50 = 430,12 µg/ml) et à l'acide ascorbique (EC50 = 433,16 µg/ml).

L'activité anti-inflammatoire de l'**Ext-Etho-*Ag*** a un effet nettement plus important que celui de **l'Ext-Aq-*Ag*** et de la diclofénac sodique. Concernant l'activité antifongique, les deux extraits ont exercé une activité inhibitrice sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. et *Alternaria spp*., avec un profil variable selon les concentrations. Vis-à-vis de *Fusarium sp*., l'extrait éthanolique a présenté des pourcentages d'inhibition (PI) élevé et stable (66,67–74,36 %, de 2 à 10 mg/ml), tandis que l'extrait aqueux a montré un profil irrégulier (chute du PI à 2,56 % à 6 mg/ml, traduisant un effet hormésis). Concernant *Alternaria* sp., l'extrait éthanolique a atteint un maximum d'inhibition de 35,00 % à 8 mg/ml avant de régresser, alors que l'extrait aqueux a affiché une activité modeste aux faibles concentrations avant d'enregistrer un pic de 70,00 % à 10 mg/ml (effet de seuil de concentration).

En conclusion, il ressort de cette étude que l'extrait éthanolique du rhizome d'Alpinia galanga présente un pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire et antifongique plus important que l'extrait aqueux. La richesse de cet extrait en métabolites secondaires suggère un potentiel antioxydant important, ce qui confirme l'intérêt de cette plante comme source naturelle de molécules bioactives.

Mots clés : *Alpinia galanga*, Polyphénols, Flavonoides, Antioxydants, Antiinflammatoire, Antifongique.

ABSTRACT

Medicinal plants are attracting growing interest in biomedical research. They are becoming increasingly popular in both industrialised and emerging countries. The aim of this study was to investigate the antioxidant potential and biological activities of the aqueous and ethanolic extracts of the Alpinia galanga rhizome.

The total polyphenol content was determined using the colourimetric method with Folin-Ciocalteu reagent, and the flavonoid content was measured using the aluminium trichloride (AlCl3) method. The antiradical activity of the extracts was assessed using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) reduction assay, and their antioxidant capacity was also evaluated. The iron-reducing power of both extracts was determined using the FRAP method. Additionally, anti-inflammatory and antifungal activities were evaluated.

The total polyphenol content of Ext-Etho-Ag and Ext-Aq-Ag was found to be 169.80 mg EAG/g ± 3.70 mg EAG/g and 109.37 mg EAG/g ± 0.20 mg EAG/g, respectively. The flavonoid content of the ethanolic extract is significantly higher than that of the aqueous extract (147.28 ± 7.06 µg QE/g compared to 56.43 ± 1.71 µg QE/g). Assessment of DPPH radical scavenging activity showed that Ext-Etho-Ag possesses good antioxidant efficacy (IC50 = 0.58 ± 0.001 mg/ml) compared with that observed in Ext-Aq-Ag (IC50 = 1.68 ± 0.003 mg/ml), with these values remaining close to that of ascorbic acid (IC50 = 0.30 ± 0.001 mg/ml). Furthermore, Ext-Etho-Ag exhibits significantly higher total antioxidant capacity (TAC) than Ext-Aq-Ag. Similarly, Ext-Etho-Ag exhibited remarkable ferric reducing power (EC_{50} = 334.29 µg/ml), compared with Ext-Aq-Ag (EC_{50} = 430.12 µg/ml) and ascorbic acid (EC_{50} = 433.16 µg/ml).

The anti-inflammatory activity of Ext-Etho-Ag was significantly greater than that of Ext-Aq-*Ag* and diclofenac sodium. Regarding their antifungal properties, both extracts demonstrated the capacity to impede the growth of mycelia from both *Fusarium sp*. and *Alternaria spp*., with the effectiveness of this inhibition varying according to the concentration of the extracts. Against *Fusarium sp*., the ethanolic extract exhibited consistently high inhibition percentages (IP) (66.67–74.36% at concentrations of 2–10 mg/ml), while the aqueous extract displayed an inconsistent profile, with a significant droped IP by 2.56% at a 6 mg/ml of concentration, indicating a hormetic effect. Regarding *Alternaria sp*., the ethanolic extract achieved maximum inhibition by 35.00% at 8 mg/ml, after was declined. The aqueous extract displayed modest activity at low concentrations, however IP has increased by 70.00% at 10 mg/ml.

In conclusion, this study shows that the ethanolic extract of Alpinia galanga rhizome exhibits greater antioxidant, anti-inflammatory and antifungal activity than the aqueous extract. The high amount of secondary metabolites in this extract suggests significant antioxidant potential, which confirms the value of this plant as a natural source of bioactive compounds.

Keywords : *Alpinia galanga*, Polyphenols, Flavonoids, Antioxidants, Anti-inflammatory, Antifungal.

ملخص

تحظى النباتات الطبية باهتمام متزايد في مجال البحث الطبي الحيوي، وتشهد إقبالاً متنامياً في الدول الصناعية والناشئة على حد سواء .يهدف هذا العمل إلى دراسة القدرة المضادة للأكسدة والنشاطات البيولوجية لمستخلصي الجذومة المائي والإيثانولي لنبات الخولنجان الكبير.

تم تحديد محتوى البوليفينولات الكلية بالطريقة اللونية باستخدام كاشف فولين-سيوكالتيو، بينما تم تحديد محتوى الفلافونويدات بطريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم .($AlCl_3$) كما تم تقييم النشاط المضاد للجذور الحرة باختبار اختزال DPPH وتقييم القدرة المضادة للأكسدة، فضلاً عن تحديد قدرة اختزال الحديد للمستخلصين بطريقة .FRAP كما تم تقييم النشاط المضاد للالتهاب والنشاط المضاد للفطريات.

بلغت كمية البوليفينولات الكلية في **Ext-Etho-*Ag*** **مقابل** **Ext-Aq-*Ag*** على التوالي 169.80±3.70 و 109.37±0.20 mg EAG/g.كان محتوى الفلافونويدات أعلى بشكل ملحوظ في المستخلص الإيثانولي (147.28±7.06 µg QE/g)مقارنةً بالمستخلص المائي .(56.43±1.71 µg QE/g) أظهر تقييم نشاط اختزال جذر DPPH أن **Ext-Etho-*Ag*** يمتلك كفاءة جيدة مضادة للأكسدة (IC50 = 0.58 ± 0.001 mg/ml) مقارنةً ب (IC50 = 1.68 ± 0.003 **Ext-Aq-*Ag*** mg/ml)، وكلاهما قريبان من قيمة حمض الأسكوربيك.(IC50 = 0.30 ± 0.001 mg/ml)

فيما يخص القدرة المضادة للأكسدة الكلية(TAC) ، كشف المستخلص الإيثانولي عن قدرة أعلى بشكل ملحوظ من المستخلص المائي .كذلك، أكدت قدرة اختزال الحديد (FRAP) تفوق (EC50 = 334.29 µg/ml) Ext-Etho-Ag على Ext-Aq-Ag (EC50 = 430.12 µg/ml)وحمض الأسكوربيك .(EC50 = 433.16 µg/ml) أظهر النشاط المضاد للالتهاب، المقيّم باختبار تمسخBSA ، أن المستخلص الإيثانولي يمارس تأثيراً تثبيطياً أكبر من المستخلص المائي، بل يتجاوز تأثير الديكلوفيناك عند التراكيز العالية.

فيما يتعلق بالنشاط المضاد للفطريات، أبدى المستخلصان نشاطاً تثبيطياً ضد نمو الغزل الفطري ل .*Fusarium* sp و .*Alternaria* sp، بنمط متغيّر حسب المذيب، التركيز والنوع الفطري المستهدف .ضد*Fusarium* sp ، أظهر المستخلص الإيثانولي نسبة تثبيط (PI) عالية ومستقرة(66.67–74.36%) ، من 2 إلى(10 mg/ml ، بينما أظهر المستخلص المائي نمطاً غير منتظم) انخفاض PI إلى 2.56% عند6 mg/ml ، معكساً ظاهرة الهرميزية .(أما ضد*Alternaria* sp ، فقد بلغ المستخلص الإيثانولي حداً أقصى للتثبيط 35.00% عند 8 mg/ml قبل أن يتراجع، فيما سجّل المستخلص المائي نشاطاً متواضعاً عند التراكيز المنخفضة ثم ارتفاعاً ملحوظاً إلى 70.00% عند10 mg/ml تأثير عتبة التركيز.

في الختام، تُظهر هذه الدراسة أن المستخلص الإيثانولي لجذمور نبات «ألبينيا غالانغا» يُظهر نشاطًا مضادًا للأكسدة ومضادًا للالتهابات ومضادًا للفطريات أكبر من المستخلص المائي. ويشير المحتوى العالي من لجزيئات النشطة بيولوجيا في هذا المستخلص إلى إمكانات كبيرة كمضاد للأكسدة، مما يؤكد قيمة هذا النبات كمصدر طبيعي للمركبات النشطة بيولوجيًا.

الكلمات المفتاحية :الخولنجان الكبير، بوليفينولات، فلافونويدات، مضادات الأكسدة، مضاد للالتهاب، مضاد للفطريات.

TABLEAU DES MATIERES

Liste des abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction…… 1

Revue bibliographique……..... **3**

1. Plantes médicinales et leurs richesses en substances bioactives…..…….. **3**

2. Effets potentiels des plantes médicinales dans la prévention des risques cardiovasculaire…… **6**

3. Caractéristiques botanique d'*Alpinia galanga*…….. **6**

3.1. Description botanique d'*Alpinia galanga* ……. **7**

3.1.1. Caractéristiques phénotypiques …….... **7**

3.1.2. Répartition géographique …… **7**

3.2. Composition en substances phénoliques du rhizome *Alpinia galanga*……..… **8**

3.2.1. Composition en huile essentielle du rhizome *Alpinia galanga*…… **8**

3.3. Effets du rhizome *Alpinia galanga* sur l'inflammation, antioxydants et le cancer……. **10**

3.3.1. Effets anti-inflammatoires des rhizomes de *galanga*…….. **10**

3.3.2. Effets antimicrobienne et antifongique des rhizomes *galanga*……. **10**

3.3.3. Effets antioxydants des rhizomes de *galanga.*……. **11**

3.3.4. Effets anti cancer des rhizomes de *galanga*……..… **12**

Matériels &Méthode……..……. **14**

1. Matériel végétale…… **14**

1.1. Préparation du matériel végétale…….……... **14**

1.1.1. Préparation de l'extrait aqueux……. **14**

1.1.2. Préparation de l'extrait éthanolique…….. **14**

1.1.3. Calcul du rendement d'extraction……. **15**

2. Mesure du potentiel antioxydant ……... **15**

2.1. Détermination des teneurs en polyphénols totaux…….. **15**

2.2. Détermination des teneurs en flavonoïdes……. **16**

3. Evaluationde l'activité anti-oxydante…… **16**

3.1. Evaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl)……. **16**

3.2. Activité antioxydante totale (CAT)…… **17**

3.3. Mesure du pouvoir réducteur du fer…….. **18**

4. Évaluations de l'activités biologique anti-inflammatoires et antifongique…… **18**

4.1. Inhibition de dénaturation des proteins…….. **18**

4.2. Évaluation de l'activité antifongique……. **19**

5. Analyse statistique…….. **20**

Résultats & discussion…… **21**

1. Rendement des extraits aqueux et éthanolique de *l'Alpinia galanga* ……... **21**
2. Teneurs en polyphénols totaux…….. **22**
3. Teneur en flavonoides…… **23**
4. Détermination du potentiel antioxidant…….. **24**
4.1 Calcule de l'activité et détermination de la concentration efficace 50% (EC50)… **27**
5. Évaluation des activités biologiques……..... **28**
5.1 Évaluation de l'activité anti inflammatoire in vitro…….. **28**
5.2 Activité antifongique de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata*……. **30**
Conclusion……..... **33**
Références bibliographiques…….. **35**
Annexes……... **44**

LISTE DES FIGURES

Fig. 1	Structure des flavonoides……..	**4**
Fig. 2	Structure des acides phénoliques……..	**4**
Fig. 3	Structure des tanins……...	**5**
Fig. 4	Différents parties d'*Alpinia galanga*…….	**8**
Fig. 5	Structure des composés phénoliques identifiés dans les espéces *Alpinia galanga* et *Alpinia officnarum*……..…….	**9**
Fig. 6	Préparation d'*Alpinia galanga*…….....	**14**
Fig. 7	Dosage des polyphénols totaux…….	**15**
Fig. 8	Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH (entre l'espéce radicalaire et un antioxydant (AH))……...	**16**
Fig. 9	Dosage du pouvoir réducteur du fer…….....	**18**
Fig. 10	Dosage de l'activité antiinflammatoire……	**19**
Fig. 11.	Pourcentage (%) d'inhibition du radical DPPH par de l'extrait éthanolique et aqueux d'Alpinia galanga et de l'acide ascorbique……	**24**
Fig. 12.	Activité antioxydante total de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*……..	**25**
Fig. 13.	Concentration inhibitrice médiane (CI50)……	**26**
Fig. 14	Capacité de réduction de l'extrait éthanolique et aqueux *de l'Alpinia galanga* et de l'acide ascorbique……..…….	**27**
Fig. 15	Pourcentage d'inhibition de dénaturation de BSA par les extraits et d'diclofénac de sodium……..……	**29**
Fig. 16.	Mode opératoire pour la détermination des teneurs en polyphénols totaux.	**44**
Fig. 17	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique……...	**45**
Fig. 18	Courbe d'étalonnage de quercétine……...	**45**
Fig. 19	Mode opératoire pour la détermination des teneurs en flavonoids……...	**46**
Fig. 20	Mode opératoire de l'évaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl)……	**47**
Fig. 21	Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait aqueux.....	**48**
Fig. 22	Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait éthanolique……...	**48**
Fig. 23	Courbe de la régression linéaire de l'acide ascorbique…….	**49**
Fig. 24	Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum*…….	**50**
Fig. 25	Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de l'*Alternaria alternata* …….…….	**51**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.	Rendement de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*….	**22**
Tableau II.	Teneurs en polyphénols de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* ……..	**23**
Tableau III.	Teneurs en flavonoides dans l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*……..	**24**
Tableau IV.	Résultat du test antioxydant exprimant la concentration efficace 50% de l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga* ……..…	**29**
Tableau V.	Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata*…	**30**
Tableau VI.	Capacité antioxydant total de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galangal*……..	**48**
Tableau VII.	Concentration Inhibitrice médiane (CI50)……..	**49**

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU, le tout-puissant qui nous a donné le courage, la force, la santé et la volonté pour réaliser ce travail.

À notre encadreur de mémoire **Dr BERZOU S,** *nous nous la remercions sincèrement de nous avoir fait l'honneur de bien vouloir diriger ce mémoire.*

Merci pour votre disponibilité et pour vos conseils, vous avez su nous guider tout au long de ce travail avec intérêt et bonne humeur malgré les difficultés rencontrées.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre sincère gratitude et de notre profonde considération.

Nous exprimons nos respectueux remerciements aux membres de jury :

Â Mme BEKHEDA Hadjer *Maitre de conférences au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury*

Â Mme BENAICHETA Nora, *Maitre de conférences au niveau de la faculté des sciences et de la nature, département des sciences biologiques de l'université Ahmed Zabana de Relizane, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'apporter un regard critique sur ce travail.*

Nos sincères remerciements s'adressent également à l'ensemble du corps enseignant du département de Biologie, pour la qualité de la formation dispensée tout au long de notre cursus, ainsi qu'à tout le personnel des laboratoires pour leur aide technique et leur soutien lors de la réalisation de la partie expérimentale.

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles pour leur soutien indéfectible, leur patience et leurs encouragements tout au long de ce parcours. Un grand merci également à nos amis et collègues pour leur solidarité et les moments de partage qui ont rendu ce travail plus léger.

DEDICACE

À mes très chers parents,

Qui m'ont offert bien plus que la vie, votre amour, votre patience et vos sacrifices

Ont été ma lumière tout au long de ce parcours.

Aucun mot ne saurait exprimer la profondeur de ma gratitude.

À mes chers frères et sœurs,

Mes fidèles compagnons de vie, dont la présence, le soutien et les encouragements

Ont rendu cette étape plus douce à franchir.

À ma directrice de mémoire, Madame Berzou Sadia,

Pour sa disponibilité, ses précieux conseils et son encadrement bienveillant

Tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance.

Habiba.

DEDICACE

C'est avec l'aide et la grâce de ***« Dieu »*** *que j'ai achevé ce modeste travail que je dédie :*

À mes chers parents,

Pour leurs sacrifices, leurs encouragements, leur soutien, leurs précieux conseils et leurs prières tout au long de ma vie que Dieu vous accorde une bonne santé et une longue vie.

À ma chère sœur Ritadj,

Avec toute mon affection et ma reconnaissance pour son soutien et sa présence à mes côtés.

À mes chers frères Yazid et Khaled,

Je vous souhaite réussite, bonheur et prospérité dans tout ce que vous entreprenez.

À toutes les personnes qui m'ont soutenue, encouragée et accompagnée durant la réalisation de ce travail.

À mes amis(es) et à tous ceux qui me sont chers, avec mes sincères remerciements et ma profonde gratitude.

Rania.

ملخص

تحظى النباتات الطبية باهتمام متزايد في مجال البحث الطبي الحيوي، وتشهد إقبالاً متنامياً في الدول الصناعية والناشئة على حد سواء .يهدف هذا العمل إلى دراسة القدرة المضادة للأكسدة والنشاطات البيولوجية لمستخلصي الجذومة المائي والإيثانولي لنبات.*Alpinia galanga*

تم تحديد محتوى البوليفينولات الكلية بالطريقة اللونية باستخدام كاشف فولين-سيوكالتيو، بينما تم تحديد محتوى الفلافونويدات بطريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم .($AlCl_3$) كما تم تقييم النشاط المضاد للجذور الحرة باختبار اختزال DPPH وتقييم القدرة المضادة للأكسدة، فضلاً عن تحديد قدرة اختزال الحديد للمستخلصين بطريقة .FRAP كما تم تقييم النشاط المضاد للالتهاب والنشاط المضاد للفطريات.

بلغت كمية البوليفينولات الكلية في **Ext-Etho-*Ag*** **مقابل** **Ext-Aq-*Ag*** على التوالي 3.70±169.80 و 0.20±109.37 mg EAG/g.كان محتوى الفلافونويدات أعلى بشكل ملحوظ في المستخلص الإيثانولي µg 7.06±147.28) (QE/gمقارنةً بالمستخلص المائي .(µg QE/g 1.71±56.43) أظهر تقييم نشاط اختزال جذر DPPH أن **Ext-Etho-*Ag*** يمتلك كفاءة جيدة مضادة للأكسدة (IC50 = 0.58 ± 0.001 mg/ml) مقارنةً ب (IC50 = 1.68 ± 0.003 **Ext-Aq-*Ag*** mg/ml)، وكلاهما قريبان من قيمة حمض الأسكوربيك.(IC50 = 0.30 ± 0.001 mg/ml)

فيما يخص القدرة المضادة للأكسدة الكلية(TAC) ، كشف المستخلص الإيثانولي عن قدرة أعلى بشكل ملحوظ من المستخلص المائي .كذلك، أكدت قدرة اختزال الحديد (FRAP) تفوق (EC50 = 334.29 µg/ml) Ext-Etho-Ag على Ext-Aq-Ag (EC50 = 430.12 µg/ml)وحمض الأسكوربيك .(EC50 = 433.16 µg/ml) أظهر النشاط المضاد للالتهاب، المقيّم باختبار تمسخBSA ، أن المستخلص الإيثانولي يمارس تأثيراً تثبيطياً أكبر من المستخلص المائي، بل يتجاوز تأثير الديكلوفيناك عند التراكيز العالية.

فيما يتعلق بالنشاط المضاد للفطريات، أبدى المستخلصان نشاطاً تثبيطياً ضد نمو الغزل الفطري ل .sp *Fusarium* و .*Alternaria* sp، بنمط متغيّر حسب المذيب، التركيز والنوع الفطري المستهدف .ضد.sp *Fusarium* ، أظهر المستخلص الإيثانولي نسبة تثبيط (PI) عالية ومستقرة%74.36–66.67) ، من 2 إلى(10 mg/ml ، بينما أظهر المستخلص المائي نمطاً غير منتظم) انخفاض PI إلى 2.56% عند6 mg/ml ، معكساً ظاهرة الهرميزية .(أما ضد.sp *Alternaria* ، فقد بلغ المستخلص الإيثانولي حداً أقصى للتثبيط 35.00% عند 8 mg/ml قبل أن يتراجع، فيما سجّل المستخلص المائي نشاطاً متواضعاً عند التراكيز المنخفضة ثم ارتفاعاً ملحوظاً إلى 70.00% عند) 10 mg/ml تأثير عتبة التركيز.(

للأكسدة مضادة أعلى قدرة يمتلك Alpinia galanga لجذمة الإيثانولي المستخلص أن إلى الدراسة هذه خلصت كبيرة مضادة إمكانية يعكس الثانوية بالمستقلبات المستخلص هذا غنى إن .المائي بالمستخلص مقارنةً للالتهاب ومضادة .الحيوية للجزيئات طبيعي كمصدر النبات هذا أهمية ويؤكد للأكسدة

المفتاحية الكلمات: *Alpinia galanga*، بوليفينولات، فلافونويدات، مضادات الأكسدة، مضاد للالتهاب، للفطريات مضاد

ABSTRACT

Medicinal plants are attracting increasing interest in biomedical research, with growing enthusiasm in both industrialized and emerging countries. The aim of this study is to investigate the antioxidant potential and biological activities of the aqueous and ethanolic extracts of the rhizome of *Alpinia galanga.*

Total polyphenol content was determined by the colorimetric method using the Folin-Ciocalteu reagent, while flavonoid content was assessed by the aluminum trichloride ($AlCl_3$) method. The antiradical activity was evaluated by the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) reduction test, the antioxidant capacity was also assessed, and the ferric reducing power (FRAP) of both extracts was determined. In addition, anti-inflammatory activity and antifungal activity were evaluated.

The quantitative estimation of total polyphenols in **Ext-Etho-*Ag*** **vs Ext-Aq-*Ag*** were 169.80±3.70 *vs* 109.37±0.20 mg GAE/g, respectively. Flavonoid content was significantly higher in the ethanolic extract (147.28±7.06 µg QE/g) than in the aqueous extract (56.43±1.71 µg QE/g). The DPPH radical scavenging activity showed that **Ext-Etho-*Ag*** displayed good antioxidant efficacy (IC50 = 0.58 ± 0.001 mg/ml) compared to **Ext-Aq-*Ag*** (IC50 = 1.68 ± 0.003 mg/ml), both values being close to that of ascorbic acid (IC50 = 0.30 ± 0.001 mg/ml).

Regarding total antioxidant capacity (TAC), the ethanolic extract revealed a significantly higher capacity than the aqueous extract. Likewise, the ferric reducing power (FRAP) confirmed the superiority of Ext-Etho-Ag (EC50 = 334.29 µg/ml) over Ext-Aq-Ag (EC50 = 430.12 µg/ml) and ascorbic acid (EC50 = 433.16 µg/ml). Anti-inflammatory activity, assessed by the BSA denaturation test, showed that the ethanolic extract exerted a greater inhibitory effect than the aqueous extract, even surpassing diclofenac at high concentrations.

Regarding antifungal activity, both extracts exhibited inhibitory activity against the mycelial growth of *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp., with a variable profile depending on the solvent, concentration and fungal species. Against *Fusarium* sp., the ethanolic extract showed a high and stable inhibition percentage (PI) (66.67–74.36%, from 2 to 10 mg/ml), while the aqueous extract showed an irregular profile (drop in PI to 2.56% at 6 mg/ml, reflecting a hormesis effect). Against *Alternaria* sp., the ethanolic extract reached a maximum inhibition of 35.00% at 8 mg/ml before declining, whereas the aqueous extract showed modest activity at low concentrations before recording a dramatic increase to 70.00% at 10 mg/ml (concentration threshold effect).

In conclusion, this study demonstrated that the ethanolic extract of Alpinia galanga rhizome possesses greater antioxidant and anti-inflammatory potency than the aqueous extract. The richness of this extract in secondary metabolites suggests a significant antioxidant potential and confirms the value of this plant as a natural source of bioactive molecules.

Keywords : *Alpinia galanga*, Polyphenols, Flavonoids, Antioxidants, Anti-inflammatory, Antifungal.

RESUME

Les plantes médicinales suscitent un intérêt croissant en recherche biomédicale. Elles connaissent un engouement grandissant dans les pays industrialisés et émergents. L'objectif de ce présent travail est l'étude du potentiel antioxydant et des activités biologiques de l'extrait aqueux et éthanolique du rhizome l'*Alpinia galanga.*

La détermination de la teneur en polyphénols totaux est effectuée par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, les teneurs en flavonoïdes est réalisée par la méthode au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$). L'activité antiradicalaire a été évaluée par le test de réduction du DPPH (2, 2-diphenyl-l-picrylhydrazyl), la capacité antioxydant a été également évalué et la détermination du pouvoir réducteur en fer des deux extraits est effectuée à l'aide de la méthode de FRAP. De plus, l'activité antiinflammatoire et le pouvoir antifongique sont réalisés.

L'estimation quantitative des polyphénols totaux du l'**Ext-Etho-*Ag* vs Ext-Aq-*Ag*** sont de 169,80±3,70 *vs* 109,37±0,20 mg EAG/g), respectivement. La teneur en flavonoïdes est significativement plus élevée dans l'extrait éthanolique (147,28±7,06 µg QE/g) que dans l'extrait aqueux (56,43±1,71 µg QE/g). L'évaluation du pouvoir réducteur du radical DPPH a montré que le **Ext-Etho-*Ag*** possède à une bonne efficacité antioxydante (IC50 = 0,58 ± 0,001 mg/ml) comparée à celle enregistrée dans l'**Ext-Aq-*Ag*** (IC50 = 1,68 ± 0,003 mg/ml), ces valeurs restant proches de celle de l'acide ascorbique (IC50 = 0,30 ± 0,001 mg/ml).

Concernant la capacité antioxydante totale (TAC), l'extrait éthanolique a révélé une capacité significativement plus élevée que celle de l'extrait aqueux. De même, le pouvoir réducteur ferrique (FRAP) a confirmé la supériorité de l'Ext-Etho-Ag (EC50 = 334,29 µg/ml) par rapport à l'Ext-Aq-Ag (EC50 = 430,12 µg/ml) et à l'acide ascorbique (EC50 = 433,16 µg/ml). L'activité anti-inflammatoire, évaluée par le test de dénaturation de la BSA, a montré que l'extrait éthanolique exerce un effet inhibiteur plus important que l'extrait aqueux, et même supérieur à celui du diclofénac aux concentrations élevées.

Concernant l'activité antifongique, les deux extraits ont exercé une activité inhibitrice sur la croissance mycélienne de *Fusarium* sp. et *Alternaria* sp., avec un profil variable selon le solvant, la concentration et l'espèce fongique ciblée. Vis-à-vis de *Fusarium* sp., l'extrait éthanolique a présenté un pourcentage d'inhibition (PI) élevé et stable (66,67–74,36 %, de 2 à 10 mg/ml), tandis que l'extrait aqueux a montré un profil irrégulier (chute du PI à 2,56 % à 6 mg/ml, traduisant un effet hormésis). Concernant *Alternaria* sp., l'extrait éthanolique a atteint un maximum d'inhibition de 35,00 % à 8 mg/ml avant de régresser, alors que l'extrait aqueux a affiché une activité modeste aux faibles concentrations avant d'enregistrer une augmentation spectaculaire jusqu'à 70,00 % à 10 mg/ml (effet de seuil de concentration).

En conclusion, Il ressort de cette étude, que l'extrait éthanolique du rizhome d'Alpinia galanga possède un pouvoir antioxydant et antiinflammatoire plus important que celui enregistré dans l'extrait aqueux. La richesse de cet extrait en métabolites secondaires suggère un potentiel antioxydant important et confirme l'intérêt de cette plante comme source naturelle de molécules bioactives.

Mots clés : *Alpinia galanga*, Polyphénols, Flavonoides -Antioxydants –Antiinflammatoire, Antifongique.

ABREVIATIONS

Ag	*Alpinia galanga*
DPPH	2,2-diphényl -1- picrylhydrazyle
IC50	Concentration inhibitrice à 50%
Ext-Etho	Extrait éthanolique
Ext-aq	Extrait aqueux

TABLEAU DES MATIERES

Liste des abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction…… 1

Revue bibliographique……..... **3**

1. Plantes médicinales et leurs richesses en substances bioactives…..…….. **3**

2. Effets potentiels des plantes médicinales dans la prévention des risques cardiovasculaire…… **6**

3. Caractéristiques botanique d'*Alpinia galanga*…….. **6**

3.1. Description botanique d'*Alpinia galanga* …….

3.1.1. Caractéristiques phénotypiques ……... **7**

3.1.2. Répartition géographique …… **7**

3.2. Composition en substances phénoliques du rhizome *Alpinia galanga*……..… **8**

3.2.1. Composition en huile essentielle du rhizome *Alpinia galanga*…… **8**

3.3. Effets du rhizome *Alpinia galanga* sur l'inflammation, antioxydants et le cancer……. **10**

3.3.1. Effets anti-inflammatoires des rhizomes de *galanga*

3.3.2. Effets antimicrobienne et antifongique des rhizomes *galanga*……. **10**

3.3.3. Effets antioxydants des rhizomes de *galanga.*……. **11**

3.3.4. Effets anti cancer des rhizomes de *galanga*…….… **12**

Matériels &Méthode……..……. **14**

1. Matériel végétale…… **14**

1.1. Préparation du matériel végétale……..……... **14**

1.1.1. Préparation de l'extrait aqueux……. **14**

1.1.2. Préparation de l'extrait éthanolique…….. **14**

1.1.3. Calcul du rendement d'extraction……. **15**

2. Mesure du potentiel antioxydant ……... **15**

2.1. Détermination des teneurs en polyphénols totaux…….. **15**

2.2. Détermination des teneurs en flavonoïdes……. **16**

3. Evaluationde l'activité anti-oxydante…… **16**

3.1. Evaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl)……. **16**

3.2. Activité antioxydante totale (CAT)…… **17**

3.3. Mesure du pouvoir réducteur du fer…….. **18**

4. Évaluations de l'activités biologique anti-inflammatoires et antifongique…… **18**

4.1. Inhibition de dénaturation des proteins…….. **18**

4.2. Évaluation de l'activité antifongique……. **19**

5. Analyse statistique…….. **20**

Résultats & discussion…… **21**

1. Rendement des extraits aqueux et éthanolique de *l'Alpinia galanga* ……... **21**
2. Teneurs en polyphénols totaux…….. **22**
3. Teneur en flavonoides…… **23**
4. Détermination du potentiel antioxidant…….. **24**
4.1 Calcule de l'activité et détermination de la concentration efficace 50% (EC50)… **27**
5. Évaluation des activités biologiques……..... **28**
5.1 Évaluation de l'activité anti inflammatoire in vitro…….. **28**
5.2 Activité antifongique de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata*……. **30**
Conclusion……..... **33**
Références bibliographiques…….. **35**
Annexes……... **44**

LISTE DES FIGURES

Fig. 1	Structure des flavonoides……..	**4**
Fig. 2	Structure des acides phénoliques……..	**4**
Fig. 3	Structure des tanins……...	**5**
Fig. 4	Différents parties d'*Alpinia galanga*……	**8**
Fig. 5	Structure des composés phénoliques identifiés dans les espéces *Alpinia galanga* et *Alpinia officnarum*……..……	**9**
Fig. 6	Préparation d'*Alpinia galanga*…….....	**14**
Fig. 7	Dosage des polyphénols totaux…….	**15**
Fig. 8	Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH (entre l'espéce radicalaire et un antioxydant (AH))……..	**16**
Fig. 9	Dosage du pouvoir réducteur du fer…….....	**18**
Fig. 10	Dosage de l'activité antiinflammatoire…….	**19**
Fig. 11.	Pourcentage (%) d'inhibition du radical DPPH par de l'extrait éthanolique et aqueux d'*Alpinia gal*anga et de l'acide ascorbique…….	**24**
Fig. 12.	Activité antioxydante total de l'extrait aqueux et éthanolique d*'Alpinia galanga*…….	**25**
Fig. 13.	Concentration inhibitrice médiane (CI50)……	**26**
Fig. 14	Capacité de réduction des extraits éthanolique et aqueux *d'Alpinia galanga* et de l'acide ascorbique……...	**27**
Fig. 15	Pourcentage d'inhibition de dènaturation de BSA par les extraits et de diclofènac du sodium.....	**29**
Fig. 16.	Mode opératoire pour la détermination des teneurs en polyphénols totaux.....	**44**
Fig. 17	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	**45**
Fig. 18	Courbe d'étalonnage de quercétine.....	**45**
Fig. 19	Mode opératoire pour la détermination des teneurs en flavonoïdes…….	**46**
Fig. 20	Mode opératoire de l'évaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl).....	**47**
Fig. 21	Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait aqueux.....	**48**
Fig. 22	Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait éthanolique……...	**48**
Fig. 23	Courbe de la régression linéaire de l'acide ascorbique.....	**49**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.	Rendement de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*……	**22**
Tableau II.	Teneurs en polyphénols de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* …….	**23**
Tableau III.	Teneurs en flavonoides dans l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*……	**24**
Tableau IV.	Résultat du test antioxydant exprimant la concentration efficace 50% de l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga* ……..	**29**
Tableau V.	Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'Alpinia galanga sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum* et *Alternaria alternata*.....	**30**
Tableau VI.	Capacité antioxydant total de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga*……	**49**
Tableau VII.	Concentration inhibitrice médiane (CI50)……..	**49**

Introduction

Les plantes médicinales constituent, depuis l'Antiquité, une source inestimable de composés bioactifs aux propriétés thérapeutiques variées, et elles sont utilisées pour soigner de nombreuses pathologies. Face aux enjeux actuels de la santé publique, notamment la résistance croissante aux antibiotiques et l'augmentation des maladies chroniques liées au stress oxydatif, l'exploration du potentiel pharmacologique des ressources végétales s'impose comme une nécessité scientifique **(Tian *et al.*, 2022a).**

Dans ce contexte, la famille des Zingibéracées occupe une place de choix, car elle est caractérisée par la richesse phytochimique de ses espèces et par leur large utilisation en médecine traditionnelle à travers le monde **(Trimanto *et al.*, 2023).**

Alpinia galanga (L.) Willd., communément appelée grand galanga, est une plante rhizomateuse vivace originaire d'asie du sud-est. Son rhizome, partie la plus utilisée, présente une composition phytochimique particulièrement riche, incluant des flavonoïdes, des phénylpropanoïdes, des néolignanes et des huiles essentielles dont le composé majoritaire est le 1,8-cinéole. Parmi les métabolites secondaires identifiés, le 1’-acétoxychavicol acétate (ACA) et la galangine se distinguent par leurs activités biologiques remarquables **(Chouni & Paul, 2018).**

Des études récentes ont également mis en évidence d'autres constituants actifs tels que le β-farnésène, le β-bisabolène et divers phytostérols contribuant au profil pharmacologique global de la plante **(Trimanto *et al.*, 2023).** Du point de vue de l’activité antioxydante, *Alpinia galanga* se distingue par sa richesse en composés phénoliques, notamment en polyphénols, reconnus pour leur capacité à neutraliser efficacement les espèces réactives de l’oxygène (ROS) et à limiter les dommages induits par le stress oxydatif. Comparativement aux autres espèces de la famille des Zingibéracées, *A. galanga* présente l’une des teneurs les plus élevées en composés antioxydants, ce qui témoigne de son important potentiel biologique. Ces résultats mettent en évidence l’intérêt de cette plante dans la prévention des pathologies associées au stress oxydatif et suggèrent son utilisation potentielle comme source d’antioxydants naturels ou comme agent conservateur dans l’industrie agroalimentaire **(Aljobair, 2022a, 2022b).**

Les activités biologiques d'*A. galanga* ne se limitent pas à ses propriétés antioxydantes. Des études in vitro ont mis en évidence un effet cytotoxique significatif de ses extraits éthanoliques sur diverses lignées cellulaires cancéreuses. Cet effet est principalement attribué à l'ACA qui induit l'apoptose par dépolarisation mitochondriale et fragmentation de l'ADN, et à la galangine qui exerce une action chimioprotectrice par suppression de la voie des MAPKs **(Nongkhai *et al.*, 2024).**

Par ailleurs, la plante possède des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et neuroprotectrices, ces dernières impliquant la réduction du stress oxydatif neuronal et la modulation des voies de signalisation associées aux maladies neurodégénératives **(Yuliawati *et al.*, 2025).**

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'activité antioxydante de l'extrait aqueux et éthanolique du rizhome d'*Alpinia galanga*.

Pour cela, nous nous sommes intéressée à déterminer :

-Les composés bioactifs de ces extraits par le dosage des polyphénols totaux et des teneurs en flavonoïdes.

-L'activité antioxydante par le dosage de l'activité anti-radicalaire selon la méthode le piégeage du radical libre 2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl (DPPH).

-La capacité antioxydant total (TAC).

- Le pouvoir réducteur du fer (FRAP).

-Déterminer du pouvoir antiinflammatoire et antifongique de diverse concentration des deux extraits.

Revue bibliographique

1. Plantes médicinales et leurs richesses en substances bioactives

Le développement rapide des sciences pharmaceutiques a accéléré la découverte de divers composés bioactifs. Les composés métabolites secondaires présents dans les feuilles, les racines, les tiges et les fleurs des plantes médicinales leur confèrent des propriétés utiles pour le traitement de diverses maladies **(Nugraha & Keller, 2011)**. Des recherches sur l'utilisation durable des matières premières issues des plantes médicinales sont nécessaires afin de révéler leur potentiel bioactif et de soutenir le développement scientifique. Ces composés sont généralement classés en trois groupes principaux : les terpénoïdes, les composés phénoliques et les alcaloïdes **(Kabera *et al.*, 2014).**

Les terpénoïdes, avec plus de 40 000 structures identifiées, constituent l'une des catégories les plus vastes de produits naturels. Ils sont particulièrement répandus dans les plantes, où ils remplissent des fonctions vitales dans la régulation de la croissance et du développement, la défense contre les pathogènes et les ravageurs, et la communication environnementale **(Schrader & Bohlmann, 2015).**

Les composés phénoliques, principalement présents dans les plantes, se présentent sous une grande variété de structures. Ils peuvent être attachés à d'autres molécules ou exister librement, soit sous forme d'unités simples (monomères), soit liés ensemble en chaînes plus complexes (polymères) **(Alara *et al.*, 2021)**. Ces molécules offrent plusieurs bienfaits pour la santé, notamment des effets antimutagènes, antioxydants, anticancéreux et anti-inflammatoires **(Ganaie, 2021)**. Les plus significatifs parmi ces composés bénéfiques sont les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins **(Vuolo *et al.*, 2019).**

Les flavonoïdes constituent un groupe large et diversifié de composés naturels, avec plus de 10 000 types différents identifiés à ce jour (Fig. 1). Ils, notamment la quercétine, sont de puissants composés naturels aux effets antioxydants, anti-inflammatoires, anti-allergiques, antibactériens, antiviraux, antiplaquettaires et antinéoplasiques **(Teoh, 2016).**

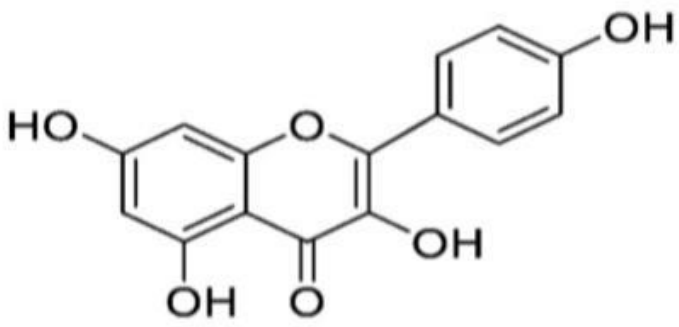


Fig. 1. Structure des flavonoïdes **(Ullah *et al.*, 2020).**

Les acides phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux largement répandus qui contribuent à la saveur, au goût et aux bienfaits pour la santé des fruits et légumes **(Fig. 2).** Ils jouent un rôle vital dans la croissance des plantes, la reproduction et la défense contre les stress environnementaux tels que la lumière, le froid et la pollution **(Ghasemzadeh, 2011)**. Ces composés sont produits via la voie du phénylpropanoïde et présentent diverses activités biologiques, notamment des effets antidiabétiques, antioxydants, anticancéreux, antimicrobiens et neuroprotecteurs **(Kumar & Goel, 2019).**

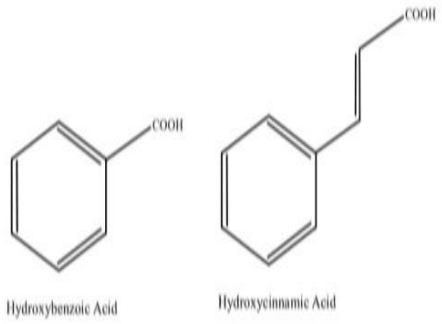


Fig. 2. Structure des acides phénoliques **(Ali *et al.*, 2020).**

Les tanins sont connus pour leurs puissants bienfaits pour la santé, notamment des effets anti-inflammatoires, antimicrobiens, antioxydants, anticancéreux et anti-biofilm **(Pizzi, 2021).** Ces propriétés les rendent efficaces dans la lutte contre les bactéries buccales, la réduction de l'inflammation des gencives et la protection des tissus contre le stress oxydatif **(Kováč *et al.*, 2022)**. Il existe deux catégories de tanins (**Fig. 3).**

Tanins hydrolysables, composés d'alcools polyhydriques dont les groupes hydroxyle sont estérifiés par l'acide gallique ou des composés similaires ; ils peuvent être décomposés par hydrolyse. Tanins condensés : formés par condensation de composés phénoliques ; ils sont non hydrolysables et également connus sous le nom de proanthocyanidines **(Ghosh, 2015).**

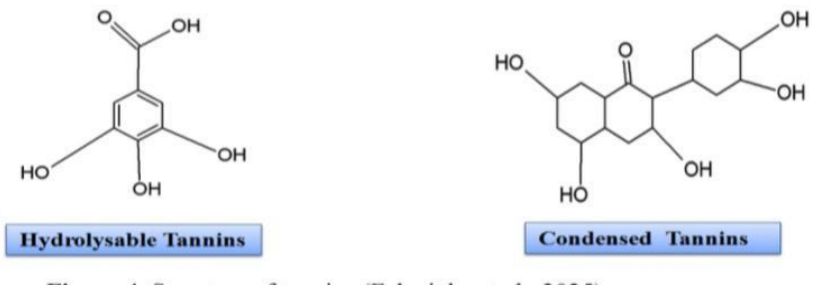


Fig. 3. Structure des tanins **(Falavinha *et al.*, 2025).**

Les alcaloïdes sont des composés naturels diversifiés appréciés pour leurs effets thérapeutiques, tels que les activités anti-inflammatoires, antitumorales et antimicrobiennes **(Rosales *et al.*, 2020)**. Ainsi, ils ont été utilisés pour traiter divers problèmes de santé, offrant des effets tels que le soulagement de la toux, des actions calmantes (sédatifs) et des propriétés purgatives (purificatrices) **(Yang & Stöckigt, 2010)**. Ils sont principalement biosynthétisés à partir d'acides aminés comme la tyrosine, la lysine, le tryptophane et l'acide aspartique ; comme ils assurent un rôle protecteur contre les attaques d'herbivores et de pathogènes, leur structure et leur fonction varient selon les espèces végétales qui les produisent **(Ballout *et al.*, 2019**). Les alcaloïdes se répartissent en trois catégories principales en fonction de leur mode de synthèse et de l'origine de leurs atomes d'azote **(Kukula-Koch & Widelski, 2016).**

Vrais alcaloïdes sont directement synthétisés à partir d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans une structure cyclique. Des exemples bien connus sont l'atropine et la nicotine **(Zandavar & Babazad, 2023).**

Proto-alcaloïdes proviennent également d'acides aminés, mais leur atome d'azote ne fait pas partie d'un cycle. Parmi les plus familiers, on trouve le taxol et l'éphédrine **(Zandavar & Babazad, 2023).**

Pseudo-alcaloïdes, eux, ne proviennent pas du tout d'acides aminés. Au contraire, ils sont synthétisés d'autres manières et comprennent des substances populaires comme la caféine et la théobromine **(Zandavar & Babazad, 2023).**

2. Effets potentiels des plantes médicinales dans la prévention des risques cardiovasculaire

L'utilisation des plantes médicinales a connu un essor important ces dernières années, un phénomène qui s'explique notamment par la demande croissante de produits naturels pour se soigner. Cet engouement peut être expliqué par plusieurs facteurs, comme la diminution du pouvoir d'achat, le coût élevé des médicaments conventionnels, la méfiance vis-à-vis des produits de synthèse et l'envie de consommer bio « naturel » **(Mokgolodi *et al.*, 2011).**

Dans de nombreux pays à travers le monde, notamment dans les pays du Maghreb, l'utilisation de la médecine traditionnelle et/ou alternative pour les populations est justifiée par ces différents facteurs. Par ailleurs, l'automédication à partir d'extraits de plantes en infusion, qui consiste à utiliser des plantes pour se soigner de manière autonome, est une pratique répandue sur tous les continents (**Abayomi, 2010)**. Il est possible d'utiliser les plantes entières ou les produits d'extraction qu'elles fournissent, que ce soit par inhalation, en cataplasmes, par massage ou encore par voie orale **(Marc, 2001).**

Diverses études épidémiologiques soutiennent que la consommation des fruits et des plantes alimentaires est inversement corrélée au risque de maladies cardio-métaboliques **(Bradley *et al.*, 2016 ; Lecerf, 2016).** Ce bénéfice passe notamment par les effets antioxydants des polyphénols présents dans les plantes. Les composes phénoliques font partie des métabolites secondaires ubiquitaires dans tous les végétaux **(Anhe *et al*., 2013).** Ils possèdent des structures chimiques qui leur permettent d'inactiver ou de piéger les radicaux libres provenant de ROS et d'agir ainsi comme antioxydants. Cette activité pharmacologique tient de leur fonction physiologique chez la plante qui est elle-même susceptible au stress oxydatif **(Royer *et al*., 2011).**

3. Caractéristiques botanique d'*Alpinia galanga*

Les plantes de la famille des Zingeberaceae sont connues pour leur valeur thérapeutique et médicinale et sont présentes dans toutes les régions tropicales, en particulier en asie de l'est et du sud. Ces plantes sont consommées comme aliments, parfums, teintures, épices et médicaments. *Alpinia galanga* est l'un des membres des Zingeberaceae. Les rhizomes d'*A. Galanga* poussent sous terre et ont un arôme puissant. En raison de son âcreté et de son arôme caractéristique, le galanga est largement utilisé dans l'alimentation, les condiments et en médecine locale en Chine et en Thaïlande. L'huile essentielle du rhizome, des racines, des feuilles et de la tige, qui contient des sesquiterpènes et du cinnamate d'éthyle, confère son odeur caractéristique aux médicaments et aux aliments **(Gold, 2023).**

Les principales espèces de galanga sont connues sous le nom de grand galanga, *Alpinia Galanga* (L). Willd et de petit galanga, *Alpinia officinarum Hance*, ces deux espèces végétales indigènes que l'on trouve respectivement en Indonésie et en Chine **(Aljobair, 2002).**

Le galanga rouge (*Alpinia purpurata K. Schum*) est un type d'épice largement utilisé comme produit phytopharmaceutique. Le rhizome du galanga rouge contient également une huile volatile qui agit comme antifongique et antibactérien **(Sujono *et al*., 2019).**

3.1. Description botanique d'*Alpinia galanga*

Le galanga est une herbe vivace, d'une hauteur de trois à cinq pieds, selon la variété. Les fleurs sont portées au sommet de la plante et sont petites, blanches et striées de veines rouge foncé. Le rhizome ressemble au gingembre par sa forme, mais il est beaucoup plus petit. Certaines variétés ont une peau brun-rouge foncé et l'intérieur est presque blanc. Les rhizomes sont coriaces et difficiles à casser. Il pousse dans un sol riche et humide, à l'ombre et à l'abri, et sont sensible à la sécheresse et au gel, en fait, le gel endommage les feuilles mais tue rarement la touffe. Dans un système de permaculture, c'est une plante de sous-bois utile **(Petinot, 2005).**

3.1.1. Caractéristiques phénotypiques

Les caractéristiques phénotypiques d'*A. Galanga* variété sont : rhizome tubéreux feuilles ligulées, pétiolées, à limbe oblong et acuminé de 25-3 5 cm de long et 6-10 cm. De larges bractées et bractéales persistantes ; bractéales ouvertes à la base panicules de 20-30 cm : nombreux pédoncules de 2-4 cm recouverts de 3-6 fleurs calice tubuleux et persistant fleurs odorantes à corolle blanc-verdâtre, tubulaire puis trilobée labelle de 2 cm, blanc veiné de rouge, fendu au sommet staminodes latérales pourpres de 2-10 mm capsule brun-rouge d'environ 1-1,5 cm de long et 7 mm de large renfermant 3 à 6 gr. La floraison a lieu de mai à août et le fruit apparaît de septembre à novembre **(Petinot, 2005).** La plante peut atteindre 2 mètres de haut, et dont les feuilles vertes foncées ont une Forme de glaive. Ses fleurs sont blanches avec des veinures roses, ses capsules sont rondes et rouges. Leurs racines sont aromatiques et ont le goût du Gingembre **(Morigane, 2007).**

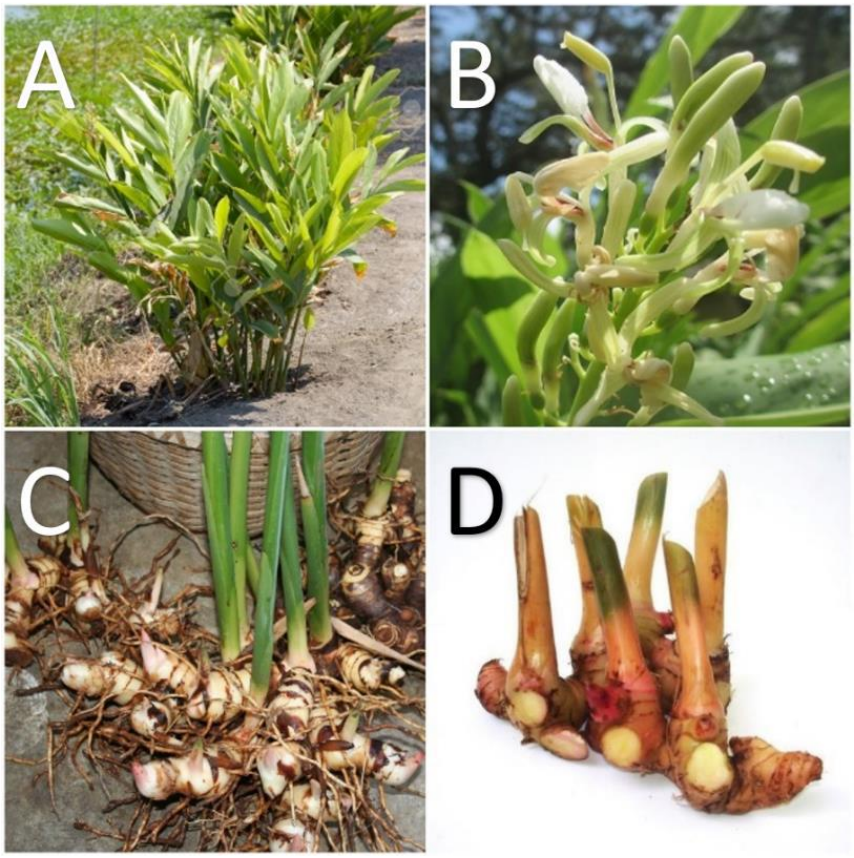


Fig. 4 Différents parties d'*Alpinia galanga* **(Shimaila *et al.*, 2019 ; Khairullah *et al.*, 2020).**

(*A) La plante entière d'Alpinia galanga, (B) la fleur d'Alpinia galanga, (C) le rhizome d'Alpinia galanga et (D) un rhizome séché d'Alpinia galanga***.**

3.1.2. Répartition géographique

Alpinia galanga pousse dans de nombreux pays asiatiques, notamment en Inde, en Arabie, en Chine, au Sri Lanka et en Indonésie. Elle aime la chaleur et le soleil, mais elle peut aussi pousser dans les buissons, les forêts et les champs. En Inde, les plants de galanga sont exportés. Ils sont envoyés vers les Ghâts occidentaux et l'Himalaya **(Khare, 2007).**

3.2. Composition en substances phénoliques du rhizome *Alpinia Galanga*

Le rhizome d'*A. galanga* est utilisé à diverses fins médicinales, notamment pour traiter des maladies cardiaques, le diabète, les douleurs rhumatismales et les douleurs thoraciques. De plus, il améliore l'appétit, agit comme aphrodisiaque, expectorant et désinfectant **(Verma & Sharma, 2022**). Les rhizomes d'*A. galanga* contiennent naturellement des composés bénéfiques, notamment des substances phénoliques telles que les phénylpropanoïdes, les lignanes, les flavonoïdes et les huiles essentielles. Certaines structures de composés phénoliques sont présentées dans la figure 5. Dans le rhizome de *galanga*, plusieurs composés

phénoliques et leurs dérivés ont été identifiés, notamment l'acide férulique, l'apigénine, l'acide vanillique, le kaempférol, le kaempférol-3-O-méthyléther, la lutéoline, la chrysine, l'acide acétique 1'-acétoxy-eugénol et l'acide para-hydroxybenzoïque **(Huang *et al.*, 2018 ; Käse *et al.*, 2015).**

Ces éléments expliquent son fort potentiel thérapeutique et son usage médicinal traditionnel **(Ramanunny *et al.*, 2022**). Ces composés bioactifs possèdent des propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, anti-ulcères, antibactériennes, anti-VIH, antifongiques, anti-inflammatoires, anti-allergiques et antidiabétique**s (Trimanto *et al.*, 2021).**

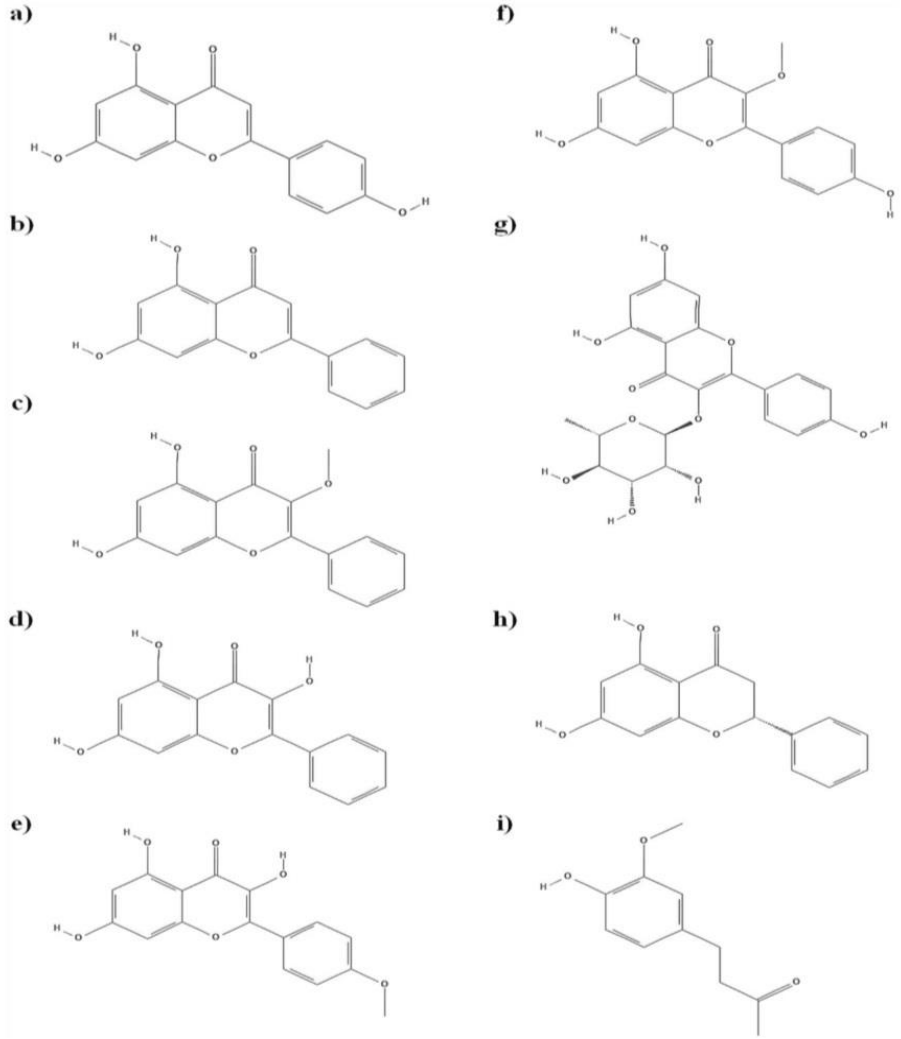


Fig. 5 Structure des composés phénoliques identifiés dans les espèces *Alpinia galanga* et *Alpinia officinarum.*
***A)** Apigénine, **b)** chrysine, **c)** galangine-3-méthyléther, **d)** galangine, **e)** kaempféride, **f)** kaempférol-3-méthyléther, **g)** kaempférol-3-rhamnoside, **h)** pinocembrine et **i)** zingérone.*

3.2.1. Composition en huile essentielle du rhizome *Alpinia Galnaga*

Le galanga est très aromatique, il possède un gout camphré citronné très agréable qui rappelle l'arôme des bonbons. Il contient une variété de composés chimiques, leur existence et en abondance dépend de l'origine de la plante, son état, fraiche ou sèche, de la technique d'extraction, incluant les fluides supercritiques, et des solvants utilisés **(Luo *et al.*, 2010 ; Xie et *al.*, 2013).** Cette huile contient essentiellement du 1,8-cinéole et aussi le β-bisabolène, chavicol, chavicol acétate, eugényl acétate, α-farnesène, méthyle eugénol, β-caryophyllène, Aterpinéol, γ-muurolène, α-bergamotène, γ-gurjunène, comme composés majoritaires et une variété d'autres molécules **(Ly *et al.*, 2001 ; Pripdeevech *et al.*, 2009 ; Zhang *et al.*, 2010 ; Xie *et al.*, 2013).**

3.3. Effets du rhizome *Alpinia Galanga* sur l'inflammation, diabète et le cancer

3.3.1. Effets anti-inflammatoires des des rhizomes de *galanga*

Les extraits d'acétone des rhizomes de *galanga* jouent un rôle important dans l'inhibition de la libération de bêta-hexosaminidase, et jouent également un rôle dans les cellules RBL-2H3, qui peuvent servir de marqueur pour la dégranulation par médiation antigénique **(Matsuda *et al.*, 2003)**. Les propriétés anti-inflammatoires d'un extrait aqueux de galanga et d'un extrait éthanolique de rhizomes de galanga ont été évaluées dans des modèles de rats subaigus (M2 ; granulome induit par une boulette de coton) et aigus (M1 ; œdème de la patte induit par la carraghénane) **(Satish & Dhananjayan, 2003)**.

Les activités analgésique et anti-inflammatoire de l'extrait de rhizomes de galanga ont été démontrées avec des préparations topiques. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire a été rapportée contre l'œdème induit par la carraghénane chez des rats expérimentaux et dans les tests au formol. L'onguent de méthyl salicylate et le gel de piroxicam ont été étudiés comme témoins positifs pour les activités analgésique et anti-inflammatoire **(Nagashekhar & Shivaprasad, 2006).**

Des activités anti-inflammatoire et antidiabétique ont été rapportées pour les extraits méthanoliques et phénoliques des rhizomes de *galanga* **(Jaju *et al.*, 2009)**. L'effet du p-hydroxycinnamaldéhyde de l'extrait d'acétate d'*Alpinia galanga* a été rapporté dans les cas de chondrocytes chez l'humain. L'ostéoarthrite est une maladie fréquemment rencontrée chez l'humain. Des effets secondaires significatifs sont survenus chez les patients qui ont reçu une thérapie anti-inflammatoire non stéroïdienne **(Pompimon *et al.*, 2009)**.

3.3.2. Effets antimicrobienne et antifongique des rhizomes de *galanga*

Il est bien établi que des composés isolés du rhizome d'*Alpinia galanga*, des dérivés de la famille des composés terpéniques, ont la capacité à inhiber significativement la prolifération fongique. Ces composés ont été éprouvés sur des spécimens de *Candida albicans* **(Haraguchi *et al.*, 1996).**

Par ailleurs, une autre étude réalisée par **Khodavandi *et al.*, (2013)** a montré que l'extrait d'*Alpinia galanga* était efficace pour inhiber la croissance des champignons *C. tropicalis* et *C. glabrata.* Ceci pourrait indirectement contribuer à la prévention des candidoses chez l'humain. Les résultats de ces différentes études sont en accord avec ceux obtenu par **Prastiyanto *et al.*, (2021),** qui ont indiqué que l'extrait de rhizome d'*Alpinia galanga* L. possède l'efficacité et le potentiel nécessaires pour une activité antifongique contre *C. albicans* et *Trichophyton rubrum*.

L'huile essentielle extraite des rhizomes d'A*lpinia galanga* est reconnue pour son activité antimicrobienne et antifongique **(Bajpai *et al.*, 2013).** Des études antérieures ont permis d'identifier 26 composés chimiques représentant 91,42 % des composants totaux obtenus à partir des rhizomes d'*Alpinia galanga* **(khumpirapang *et al.*, 2021).** Plusieurs composés chimiques présents dans les rhizomes d'*Alpinia galanga*, tels que le 1,8-cinéole et le méthyl eugénol, sont connus pour leurs activités antibactériennes et antifongiques.

Les huiles essentielles possèdent une activité antimicrobienne en endommageant la membrane cytoplasmique des micro-organismes, ce qui perturbe la structure de la membrane cellulaire et augmente sa perméabilité **(Bajpai *et al.*, 2013).** L'extrait d'Alpinia galanga est connu pour inhiber la croissance de Staphylococcus aureus. Les recherches menées par **Oonmetta-aree *et al.*, (2006)** ont confirmé que la zone d'inhibition de l'extrait d'Alpinia galanga contre la bactérie S. aureus est plus importante que celle des extraits de curcuma et de gingembre. De plus, il a été démontré que l'extrait d'Alpinia galanga inhibe la croissance de *S. epidermidis* et de *S. cerevisiae*. Dans la même étude, l'analyse de la concentration minimale inhibitrice (CMI) et de la concentration minimale bactéricide (CMB) a également été réalisée et les résultats ont montré que la CMI de l'extrait d'Alpinia galanga est de 0,325 mg/mL, tandis que la CMB est de 1,3 mg/mL**.**

3.3.3. Effets antioxydants des rhizomes de *galanga*

Les rhizomes d'*Alpinia galanga* contiennent plusieurs composés phénoliques, dont la galangine, le 1,8-cinéole, l'acétate de galanga et le kaempférol, qui agissent comme antioxydants. Il a été démontré que ces composés sont bénéfiques pour la santé humaine, car ils préviennent le stress oxydatif en éliminant les radicaux libres **(Ghosh & Rangan, 2013).**

Les composés phénoliques sont des antioxydants clés, et ce en raison de leur structure qui comprend des groupes OH^-, ce qui les rend réactifs et capables de se lier aux molécules de radicaux libres. Ces composés agissent selon trois mécanismes : le don d'hydrogène, le transfert d'électrons et la formation de chélates. L'eugénol, un composé phénolique présent dans l'*Alpinia galanga*, est reconnu pour sa forte activité antioxydante, comme l'ont montré des études in vivo et in vitro **(Sugiharto *et al.,* 2022).**

De plus, son dérivé, l'acétate d'eugénol, présente une valeur IC50 de 0,12 ± 0,03 µmol/L, ce qui témoigne de sa capacité à neutraliser les radicaux libres. Les tests DPPH et ABTS ont été utilisés pour évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles de fleurs d*'Alpinia galanga*. Ces tests ont révélé des effets de piégeage modérés, comparables à ceux des antioxydants de référence. L'acéteugénol, l'isoeugénol et le méthyleugénol, dérivés de l'eugénol, contribuent aux propriétés antioxydantes de l'huile. D'autres composés présents dans l'huile présentent des effets antioxydants **(Tian *et al.,* 2022b).**

La supplémentation avec l'extrait de rhizome de *A. galanga* a significativement atténué le déséquilibre oxydatif induit par l'exposition chronique au bruit. Cela a été démontré par une réduction significative des niveaux de MDA, un indicateur de la peroxydation lipidique, et par la préservation des activités de la SOD et de la catalase, qui sont restées comparables à celles des animaux témoins. Le maintien de l'activité des enzymes antioxydantes dans des conditions de stress suggère que l'EGR exerce des effets cardioprotecteurs principalement par l'élimination directe des espèces réactives de l'oxygène (ROS), ce qui est attribuable à sa forte teneur en composés polyphénoliques **(Aguayo *et al.,* 2024 ; khoso *et al.,* 2017)**.

3.3.4. Effets anti cancer des rhizomes de *galanga*

Plusieurs études ont bien montré les effets anti cancérogène des extraits du rhizome d'*Alpinia galanga.* Les résultats des travaux d'**Ahlina *et al.,* (2020)** ont révélé l'extrait éthanolique d'*Alpinia galanga* possède un potentiel anticancéreux important en réduisant le stress oxydatif et également contribue à l'arrêt du cycle cellulaire dans les cellules cancéreuses du sein 4T1, avec une IC_{50} de 135 µg/Ml**.** D'autres études ont rapporté une IC_{50} de 100 µg/mL diminue les cellules cancéreuses des poumon A549 et ont suggéré un effet protecteur sur les cellules normales. Une activité particulièrement élevée a été observée contre les cellules de mélanome B16 **(**IC_{50} = 7,3 µg/mL**),** attribuée à l'inhibition de la mélanogenèse **(Muangnoi *et al.*, 2007)**

Manse *et al.,* (2016) ont évalué l'activité anticancéreuse d'extraits d'*Alpinia galanga* L. sur des cellules de mélanome murin B16 en utilisant un extrait de l'acétone. Les résultats ont

montré une inhibition significative du processus de mélanogenèse par l'inhibition de l'activité de la tyrosinase, avec une valeur d'IC_{50} de 7,3 µg/mL, témoignant d'une forte activité biologique.

Par ailleurs, **Tieawanchai *et al.*, (2019)** ont démontré que la combinaison d'extraits éthanoliques de rhizomes d'*Alpinia galanga* **L.** et de *Phyllanthus emblica* exerce un effet hypolipidémique en augmentant l'expression des gènes LDLR, ApoA1 et SR-B1**,** impliqués dans le métabolisme lipidique. Cette modulation génétique pourrait indirectement limiter la prolifération des cellules de carcinome hépatique HepG2**,** contribuant ainsi à prévenir leur progression tumorale.

Dans une étude comparative in vitro**, Herrmann *et al.*, (2011)** ont évalué l'activité cytotoxique d'extraits de rhizomes d'*Alpinia galanga* L**.** obtenus avec différents solvants (eau distillée, méthanol et dichlorométhane) sur des cellules cancéreuses du col de l'utérus HeLa**.** Les valeurs d'IC_{50} obtenues variaient considérablement selon le solvant utilisé : 2357,3 µg/mL pour l'extrait aqueux, 111,7 µg/mL pour l'extrait méthanolique et 55,7 µg/mL pour l'extrait au dichlorométhane, ce dernier présentant l'activité la plus élevée. Les auteurs suggèrent que cette activité est liée à la présence de divers composés bioactifs, notamment les **s**aponine**s** et les monoterpènes, capables d'interagir avec les biomembranes, les polyphénols**,** qui se lient aux protéines, ainsi que les alcaloïdes, susceptibles d'interagir directement avec les protéines et l'ADN. Ces interactions pourraient expliquer le potentiel inhibiteur de cette espèce sur la prolifération des cellules cancéreuses du col de l'utérus, soulignant ainsi son intérêt comme source de molécules à visée anticancéreuse.

En raison de ces résultats prometteurs, la recherche de nouvelles stratégies thérapeutiques à faible toxicité issues de produits naturels demeure une priorité. Toutefois, avant d'entreprendre des études biologiques approfondies sur le potentiel anticancéreux d'*Alpinia galanga* L**.,** il est recommandé de recourir à des approches in silico**,** notamment aux études de docking moléculaire, qui constituent un outil prédictif permettant d'identifier les interactions potentielles entre les composés bioactifs et leurs cibles moléculaires. Cette démarche contribue à optimiser les recherches expérimentales en réduisant les coûts, le temps et les ressources nécessaires au développement de nouveaux agents anticancéreux (**Sugiharto *et al.*, 2023 ; Herdiansyah *et al.*, 2024 ; Zainul *et al.*, 2024**).

Matériels & Méthodes

1. Materiel végétale

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est le rhizome (racine) *Alpinia galanga*. Il s'agit d'une épice originaire d'Asie du sud-est, notamment du Viêt Nam **(Fig. 6)**. Cette épice utilisée pour rehausser la saveur des plats grâce à son goût piquant, citronné et poivré. Elle provient du marché local de la wilaya de Relizane.

1.1. Préparation du matériel végétal

Le matériel végétal est séché, puis broyé à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre fine obtenue est tamisée afin de préparer les deux extraits, en l'occurrence aqueux et éthanolique.



Fig. 6 Préparation d'*Alpinia galanga*.

1.1.1. Préparation de l'extrait aqueux

Une quantité de 50g de la poudre d'*Alpinia galanga* est ajoutée à 500ml d'eau distillée, et portés à frémissements pendant 45 min. Le décocté aqueux obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre de type Whatman. Ensuite, est mis dans une étuve à une température de 40 °C, le filtrat est évaporé pour éliminer de l'eau. L'extrait est placé dans une boîte de Pétri hermétiquement fermée jusqu'au moment de son utilisation.

1.1.2. Préparation de l'extrait éthanolique

Une quantité de 40 g de la poudre d'*Alpinia galanga* est ajoutée dans 400 mL d'éthanol absolu, sous agitation à température ambiante. Après 24 heures, le macérât est d'abord filtré à l'aide d'un papier filtre de type Whatman, puis refiltré en utilisant un dispositif de filtration

sous vide équipé d'une pompe à vide (Pompe à vide de laboratoire) afin d'obtenir un filtrat clair. Ensuite, le filtrat est évaporé à l'aide d'un rotavapeur. L'extrait obtenu est ensuite placé dans une boîte de Pétri et séché à l'étuve à 40 °C jusqu'à évaporation complète du solvant. L'extrait est conservé jusqu'au moment de son utilisation.

1.1.3 Calcul du rendement d'extraction

Le rendement des extraits est défini comme étant le rapport entre la masse d'*Apinia galanga* obtenue après décoction et macération et la masse sèche du végétal à traiter **(AFNOR, 1986).** Le rendement exprimé en pourcentage, est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{Rd} = (\mathbf{M} / \mathbf{M0}) \times \mathbf{100}$$

Rd : rendement de l'extrait aqueux et éthanolique en %**.**

M : masse en gramme de la matière végétale.

M0 : masse en gramme de la matière végétale sèche

2.Mesure du potentiel antioxydant

2.1. Détermination des teneurs en polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux a été estimée à l'aide du réactif de Folin-ciocalteu **(Singleton & Rossi, 1965)**. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique, qui est réduit lors de l'oxydation des composés phénoliques, entraînant la formation d'un complexe bleu la longueur d'onde maximale d'absorption de ce complexe varie entre 725 et 760 nm et est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux **(Boizot & Charpentier, 2006)**.

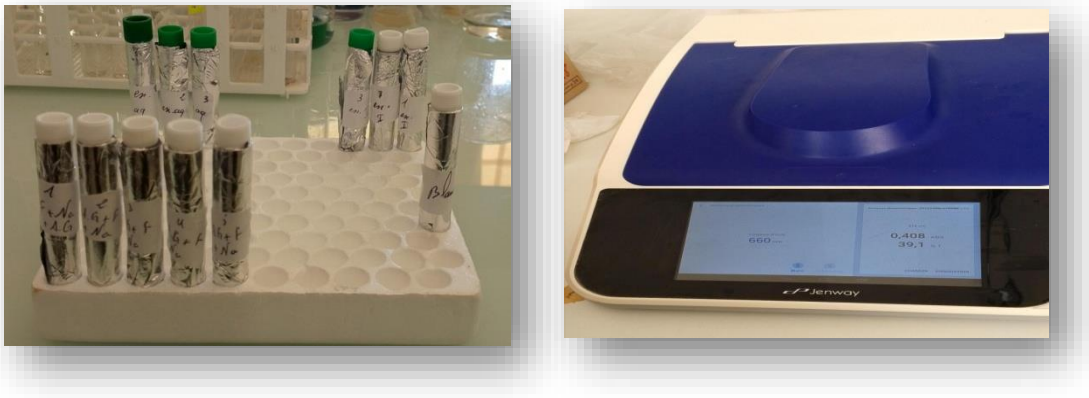


Fig.7 Dosage des polyphénols totaux

Pour la détermination des phénols totaux, un volume de 0,2 ml de chaque échantillon sont ajoutés à 1ml de réactif de Folin (dilué 10 fois) et 0,8 ml de solution de carbonate de sodium (7,5%). Après agitation , le mélange est incubé à l'obscurité afin de permettre le développement

de la coloration pendant 2 heures. La coloration bleue est mesurée au spectrophotomètre à 765 nm. Teneur en phénols totaux sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matiére végétale (mg EAG/g Mv) à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (Voir annexes).

2.2. Détermination des teneurs en flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été réalisée en utilisant une méthode qui repose sur la formation d'un complexe stable entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène situés sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes **(Lagnika, 2005).**

La détermination des flavonoïdes totaux a été effectuée par la méthode au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) selon le protocole d'**Olajire & Azeez (2011).** 1 ml d'extrait (ou de solution de quercétine et ses dilutions), ajouter 0,3 ml de nitrite de sodium ($NaNO_2$) 5% après 5 min ajouté 0,3 ml de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) 10% et après 6 min ajouté 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH) 4% et complété le volume à 10ml, l'absorbance a été mesuré au 510 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine /g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de quercétine.

3. Evaluation de l'activité anti-oxydante

3.1. Evaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl)

La méthode de piégeage des radicaux libres α, α-diphényl-β-picrylhydrazyle (DPPH) constitue la première approche pour évaluer le potentiel antioxydant d'un composé, d'un extrait ou d'autres sources biologiques. Le test est basé sur la mesure de la capacité de piégeage des antioxydants. L'électron impair de l'atome d'azote dans le DPPH est réduit en recevant un atome d'hydrogène des antioxydants pour former l'hydrazine correspondante **(Kedare & Singh, 2011).**

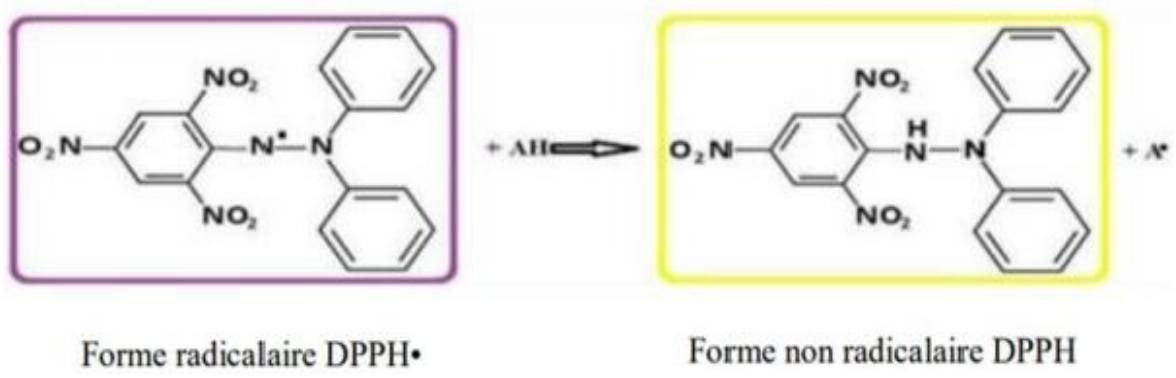


Fig. 8 Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• (entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (AH)) **(Molyneux, 2004).**

Selon la méthode d'écrite par **Brand-Williams *et al.*, (1995), Parejo *et al.*, (2000)** et **Arnous *et al.*, (2001).** 50 µl de différentes dilutions de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sont homogénéisé avec 1950 µl de solution de DPPH (6×10^{-5} M) (4 mg de DPPH est préparé dans 100 ml de methanol 90%). Après une période d'incubation de 30 minutes, les absorbances à 517 nm ont été enregistrées.

Un témoin négatif est préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec 1950 µl de la solution méthanolique du DPPH. Un témoin positif avec l'acide ascorbique est réalisé dans les mêmes conditions.

L'acide ascorbique a été utilisé comme contrôle positif à différentes concentrations (31,25, 62,5, 125, 250, 500, 1000 µg/ml).

L'activité antioxydante est exprimée en pourcentage du pouvoir de réduction PR (%) du radical DPPH, en utilisant la formule suivante :

PR (%) = [Absorbance C - Absorbance échantillon/Absorbance C] x 100

AC : *absorbance du contrôle négatif (méthanol)*

3.1.1. Évaluation du potentiel antiradicalaire & calcul des IC50

La concentration de l'échantillon nécessaire pour réduire 50 % du radical DPPH est appelée IC50 (concentration inhibitrice de 50 %), également connue sous le nom d'EC50 (Efficient concentration 50). L'IC50 est calculée graphiquement en utilisant les pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés **(Heilerova *et al.*, 2003).**

L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif**.**

3.2. Activité antioxydante totale (CAT)

La capacité antioxydante totale (CAT) (test du PPM (Phosphomolybdate)) est une variante du test au DPPH. Elle est évaluée par la méthode de phosphomolybdène de **Prieto *et al.*, (1999).** Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} à molybdène Mo (V) MoO^{2+} en présence des extraits aqueux et ethanolique d'*Alpinia galanga* pour former un complexe vert à jaunâtre de phosphate/ Mo(V) à pH acide.

Un volume de 0,3 ml de l'extrait ou de l'huile essentielle est mélangé avec 3 ml de solution du réactif (0,6 M acide sulfurique, 28 mM phosphate de sodium et 4 mM molybdate d'ammonium). Les tubes sont vissés et incubés à 95°C pendant 90 min. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm contre le blanc qui contient 3 ml de la solution du réactif et 0,3 ml du méthanol et il est incubé dans les mêmes conditions que l'échantillon.

La capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme équivalents d'acide ascorbique par gramme de la matière sèche (mg EAA/ g MS). Les expériences sont répétées en 3 fois.

3.3 Mesure du pouvoir réducteur du fer

Le pouvoir réducteur d'un extrait végétal est lié à son activité antioxydante. La méthode **D'Oyaizu (1986)** a été utilisée pour évaluer l'activité réductrice du fer, qui repose sur la Transformation du fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}). Ce processus de réduction se manifeste par un changement de couleur, passant du jaune du fer Ferrique (Fe^{3+}) au bleu-vert du fer ferreux (Fe^{2+}). L'intensité de cette coloration, mesurée À 700 nm, est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits analysés **(Jayaprakash *et al.*, 2001).**

Le mélange réactionnel a été préparé dans des tubes à essai, en ajoutant 500 µL d'extrait ou d'acide ascorbique (contrôle positif) à 1250 µL de tampon phosphate (pH = 6,6) et 1250 µL de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ (1 %). Le mélange a ensuite été incubé à 50 °C pendant 20 minutes. Après incubation, 1250 µL d'acide trichloroacétique (TCA) à 10 % ont été ajoutés, puis le mélange a été centrifugé à 3000 tours/min pendant 10 minutes. Ensuite, 1250 µL du surnageant ont été prélevés et transférés dans de nouveaux tubes, auxquels ont été ajoutés 1250 µL d'eau distillée et 250 µL de chlorure ferrique ($FeCl_3$) à 0,1 %. L'absorbance a été mesurée à 700 nm. En parallèle, un contrôle négatif a été préparé en remplaçant l'extrait par 500 µL de méthanol, en suivant les mêmes étapes expérimentales.

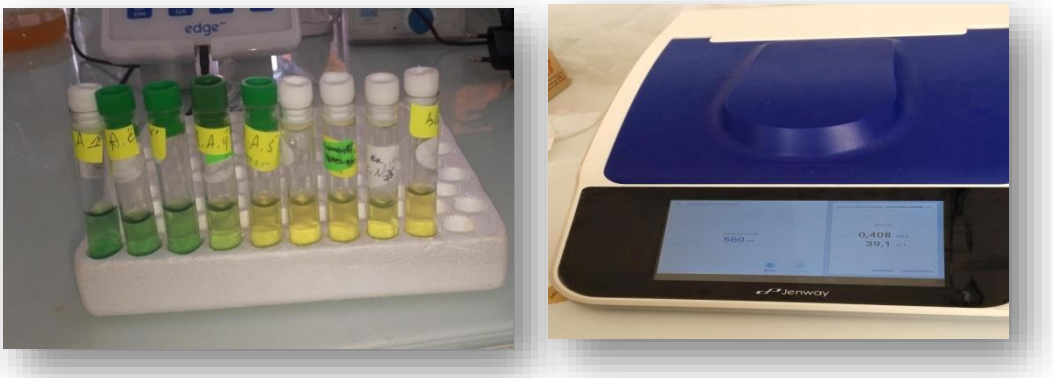


Fig. 9 Dosage du pouvoir réducteur du fer.

4. Activités anti-inflammatoires et antifongique

4.1. Inhibition de dénaturation des proteins

L'activité anti-inflammatoire *in vitro* des extraits a été réalisée en utilisant la méthode de dénaturation du sérum d'albumine bovine **(Karthik *et al.*, 2013).** 0,5 ml de solutions d'échantillons ou standard (diclofénac ou ibuprofène) préparé dans l'eau distillée à différentes

concentrations (50, 100,200, 400 µg/ml) ont été ajoutés à 0,5 ml de solution du BSA (0,2%) préparée dans un tampon Tris phosphate (50 mM, pH= 6,6). Un tube témoin a été également préparé en mélangeant 0,5 ml de BSA avec 0,5 ml de l'eau distillée. Les tubes à essai ont été incubés à 37 °C pendant 10 minutes puis chauffés à 72 °C pendant 5 minutes, après refroidissement (10 minutes), Les absorbances des solutions ont été lues à 660 nm. Chaque expérience a été réalisée en triple et le pourcentage d'inhibition de la dénaturation a été déterminé selon la formule suivante :

$$\textbf{Inhibition de la dénaturation (\%)} = [A_{\text{contrôle}} - A_{\text{échantillon}} / A_{\text{contrôle}}] \times 100$$

$A_{\text{contrôle}}$: Absorbance du témoin
$A_{\text{échantillon}}$ **:** Absorbance en présence de l'extrait ou du standard.

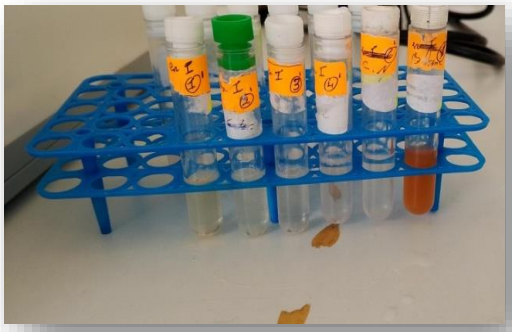




Fig. 10 Dosage de l'activité antiinflammatoire.

4.2. Évaluation de l'activité antifongique

L'activité antifongique des extraits aqueux et éthanoliques a été évaluée contre deux souches fongiques phytopathogènes : *Fusarium* et *Alternaria*.

L'évaluation a été réalisée selon la méthode de diffusion en puits sur gélose PDA (agar well diffusion assay), décrite dans la littérature **(Balouiri *et al.*, 2016 ; Espinel-Ingroff *et al.*, 2007)** avec modifications.

Les extraits ont été préparés à différentes concentrations (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 mg/mL) et dissous dans une solution de DMSO à 0,1 %. Le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) a été stérilisé puis coulé dans des boîtes de Pétri. Après solidification, des puits ont été réalisés aseptiquement à la surface de la gélose et remplis avec les différentes concentrations des extraits.

Un disque mycélien de 6 mm de diamètre, prélevé à partir d'une culture active de chaque souche fongique, a été déposé au centre de chaque boîte de Pétri. Les boîtes ont ensuite été incubées à une température comprise entre 25 et 28 °C pendant 5 à 7 jours.

Un témoin négatif a été préparé en remplaçant l'extrait par du DMSO à 0,1 % seul. Après incubation, la croissance mycélienne a été mesurée et l'activité antifongique a été déterminée par le calcul du pourcentage d'inhibition:

Indice antifongique : I (%) = Dc -Dt \Dc ×100

Où:

I (%): pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne.

Dc: diamètre moyen de la colonie témoin.

Dt: diamètre moyen de la colonie traitée

5. Analyse statistique

Chaque valeur représente la moyenne ± ES de trois mesures par échantillon. La comparaison des moyennes est réalisée entre les deux extraits ; Extrait aqueux (**Ext-Aq**) extrait éthanolique (**Ext-Etho**) par le test Student (Test T). Les moyennes sont considérées comme significativement différentes lorsque $P<0,05$.

Résultats & Discussion

1. Rendement des extraits aqueux et éthanolique de l'*Alpinia galanga*

Les extraits étudiés dans ce travail ont été préparés par macération à température ambiante du broyat des rhizomes d'*Alpinia galanga*. Deux solvants de polarités différentes ont été utilisés, à savoir l'eau (extrait aqueux, Ext-Aq) et l'éthanol (extrait éthanolique, Ext-Étho).

Le rendement d'extraction est un paramètre important qui permet d'évaluer l'efficacité du solvant utilisé pour extraire les composés bioactifs contenus dans les rhizomes *d'Alpinia galanga.*

Les résultats obtenus montrent que l'extrait aqueux a présenté un rendement plus élevé, qui est égal à 11,06 %, comparativement à celui obtenu avec l'extrait éthanolique, qui est estimé à 4,402 % (**Tableau I**).

Tableau I. Rendement de l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga***.**

	Rendement des extractions %
Ext-aq-*Ag*	11,06
Ext-*Etho-Ag*	4,402

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux *d'Alpinia galanga* L. **Ext-Etho-Ag** *: Extrait éthanoique d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05.*

Rendement : Exprimé en pourcentage (%).

Cette différence peut être expliquée par la capacité de l'eau à extraire une quantité importante de composés hydrophiles tels que les sucres, polysaccharides, protéines solubles et certains métabolites polaires. En revanche, l'éthanol extrait préférentiellement des composés moins polaires et plus spécifiques, souvent présents en plus faible quantité **(Azwanida, 2015)**

Des études antérieures ont montré que les rendements d'extraction des rhizomes d*'Alpinia galanga* varient selon la nature du solvant, la température, la durée d'extraction et la finesse de la poudre végétale **(Azwanida, 2015)**. Ainsi, le rendement élevé observé avec l'eau confirme la richesse des rhizomes en substances hydrosolubles.

Ces résultats concorde avec ceux rapportés par **Youn *et al.*, (2024)** qui ont montré que le rendement d'extraction du genre *Alpinia* varie considérablement en fonction du solvant utilisé, et que les solvants aqueux tendent à produire des rendements plus élevés en raison de leur capacité à solubiliser les composés hydrophiles abondants dans les rhizomes.

De même, l'étude d'**Widyawati et *al.*, (2014)** réalisée sur *Alpinia galanga* L. a mis en évidence que le rendement d'extraction aqueux est supérieur à ceux obtenus avec de l'éthanol lors de la macération à température ambiante, ce qui concorde avec nos résultats. La différence de rendement entre les deux solvants est expliquée notamment par la présence plus abondante de glucides, de protéines solubles et de polysaccharides dans les rhizomes d'Alpinia galanga. Ces composés sont fortement solubles dans l'eau **(Azwanida, 2015 ; Youn *et al.*, 2024)**.

2. Teneurs en polyphénols totaux

L'analyse quantitative des teneurs en polyphénols totaux de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Apinia galanga* est reportée dans le tableau II.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une différence significative entre les deux extraits en teneurs en polyphénols totaux (P<0,05). L'extrait éthanolique a présenté la teneur phénolique la plus élevée avec 169,80 ± 3,70 mg EAG/g, tandis que l'extrait aqueux a montré une valeur de 109,37 ± 0,20 mg EAG/g.

Tableau II. Teneurs en polyphénols de l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga***.**

	Polyphénols totaux (mg.EAG /g)
Ext-aq-*Ag*	109,37±0,20
Ext-*Etho*-*Ag*	169,80±3,70**

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux *d'Alpinia galanga* L. **Ext-Etho-Ag** *: Extrait éthanoique d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05.*

EAG : Exprimé en mg d'équivalent d'acide gallique.

Ces résultats montrent que l'éthanol est plus efficace pour l'extraction des composés phénoliques présents dans les rhizomes d'*Alpinia galanga*. Cela peut être expliqué par sa polarité intermédiaire, favorable à la dissolution de nombreux polyphénols (**Dai & Mumper, 2010).** Des résultats similaires ont été rapportés pour plusieurs plantes médicinales, où les extraits hydroalcooliques présentent souvent des teneurs plus élevées en polyphénols comparativement aux extraits aqueux **(Dai & Mumper, 2010).** De plus, les résultats de l'étude de **Laksmitawati *et al.*, (2022)** ont rapporté que l'*Alpinia galanga* possède un potentiel antioxydant élevé qui est attribué à leur richesse en composés phénoliques.

Ces résultats concordent avec les travaux de **Nadzir *et al.*, (2020)** qui ont démontré que l'extrait éthanolique d'*Alpinia galanga* présentent des teneurs élevées en polyphénols et fortement corrélées avec leur activité antioxydante. De plus, plusieurs études ont révélé que la richesse en composés phénoliques des rhizomes d'*Alpinia galanga* est directement

responsable de sa forte activité antioxydante, en raison de la présence d'acides phénoliques, de flavonoïdes et de tanins qui agissent comme donneurs d'hydrogène et piégeurs de radicaux libres **(Aziz *et al.*, 2024 ; Youn *et al.*, 2024)**. Par ailleurs, les travaux d'**El-Sayed *et al.*, (2024)** ont mis en évidence, par analyse GC-MS, que l'extrait de rhizome d'*Alpinia galanga* est riche en turmérone, un composé phénolique secondaire dont la présence explique le bon pouvoir réducteur et antioxydant observé.

3. Teneurs en flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe importante de métabolites secondaires connus pour leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et antimicrobiens **(Panche *et al.*, 2016)**.

Les résultats des teneurs en flavonoïdes ont mis en évidence que l'extrait éthanolique présente la teneur la plus importante en flavonoïdes avec 147,28 ± 7,06 µg QE/g, alors que celui de l'extrait aqueux est d'une teneur plus faible, avec 56,43 ± 1,71 µg QE/g (Tableau III). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Panche *et al.*, (2016),** qui ont bien montré que les extraits éthanoliques exhibent généralement une meilleure extraction des flavonoïdes que les extraits aqueux. Cela s'explique par leurs affinités avec les solvants organiques polaires.

Tableau III. Teneurs en flavonoïdes dans l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga*

	Flavonoïdes (µg.QE /g)
Ext-aq-*Ag*	56,43±1,71
Ext-*Etho-Ag*	147,28±7,06***

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Etho-Ag** : Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,001*

QE : Exprimé en µg d'équivalent de quercétine.

Des études récentes ont mis en évidence la richesse des rhizomes d'*Alpinia galanga* en composés phénoliques **Youn *et al.*, (2024),** notamment**,** en kaemférol, de quercétine, de galangine et de diaryhlheptanoïdes comme principaux flavonoïdes responsables des activités biologiques. De même, **El-Sayed *et al.*, (2024)** ont révélé par analyse GC-MS que les flavonoïdes représentent la classe des composés phénoliques prédominante de métabolites secondaires dans l'extrait de rhizome, aux côtés des terpenoïdes et des acides phénoliques.

4. Détermination du potentiel antioxydant

L'activité antioxydante in vitro de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* ont été évaluée par la mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl), l'activité antioxydant total (TAC) et le pouvoir réduction du fer. Ces résultats sont représentés sous forme de courbe et d'histogramme (**figures 11 et 12).**

Les résultats obtenus, révèlent que le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente progressivement avec l'augmentation de la concentration pour les deux extraits testés.

L'acide ascorbique a montré l'activité antioxydante la plus élevée, tandis que l'extrait éthanolique a révélé une activité nettement supérieure à celle de l'extrait aqueux. Ces résultats concordent avec ceux obtenus avec le test de la capacité antioxydante totale (TAC), qui a mis en évidence une importante capacité antioxydants total avec l'extrait éthanolique comparé à celui obtenu dans l'extrait aqueux.

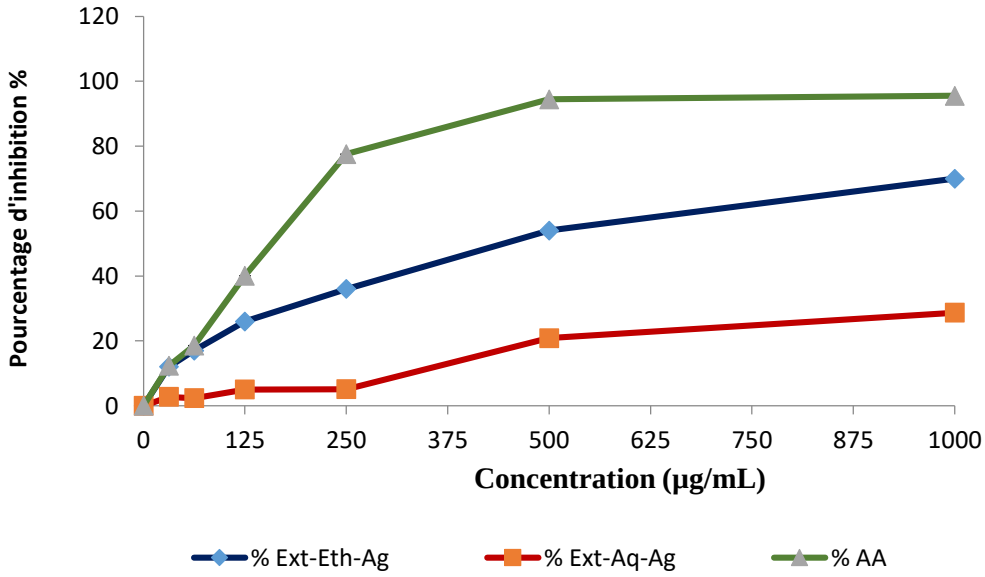


Fig. 11 Pourcentage (%) d'inhibition du radical DPPH par de l'extrait éthanolique et aqueux de l'*Alpinia galanga* et de l'acide ascorbique.

Cette activité élevée de l'extrait éthanolique peut être attribuée à sa richesse en polyphénols et flavonoïdes, capables de neutraliser les radicaux libres par transfert d'électrons ou d'atomes d'hydrogène **(Brand-Williams *et al.*, 1995).**

Cependant, **Mayachiew & Devahastin (2008)** ont rapporté que l'extrait éthanolique d'*Alpinia galanga* présentent une activité antioxydante supérieure à celle de l'extraits aqueux. Ces résultats concordent avec ceux rapporté par notre étude

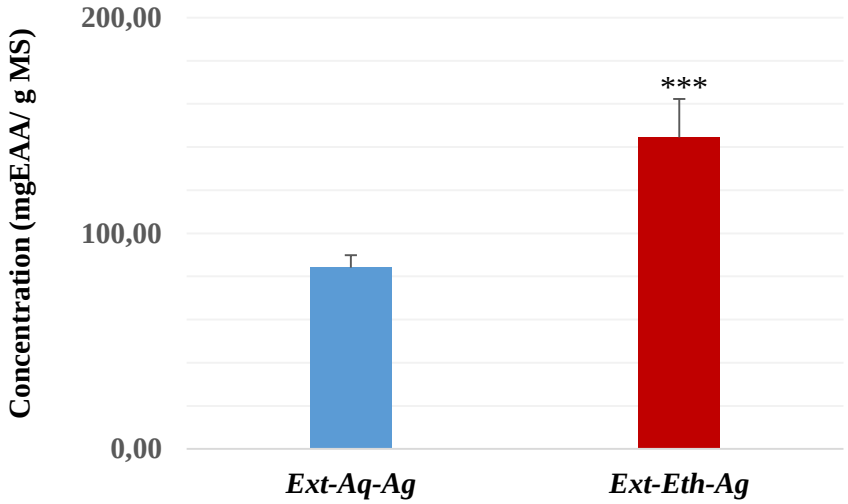


Fig. 12 Activité antioxydante total de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga.*

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Etho-Ag** : Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,001.*

Ext-aq-*Ag vs Ext-Etho-Ag**

La relation positive entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante a été largement décrite chez de nombreuses plantes médicinales, notamment par les rhizomes d'*Alpinia galanga* **(Dai & Mumper, 2010 ; Nadzir *et al.*, 2020)**.

La CI50 représente la concentration nécessaire pour inhiber 50 % du radical DPPH ; plus cette valeur est faible, plus l'activité antioxydante est élevée **(Brand-Williams *et al.*, 1995)**.

Les résultats obtenus montrent un IC50% de 1,68 ± 0,003 mg/ml pour l'extrait aqueux et celui de l'extrait éthanolique est de de 0,58 ± 0.001 mg/ml. Cette concentration est proche de celle de l'acide ascorbique. Cette dernière est de 0,30 ± 0,001 mg/ml **(Fig. 13)**. Ces valeurs indiquent que l'extrait éthanolique présente une activité antioxydante significativement plus élevée que l'extrait aqueux, bien que l'acide ascorbique reste le plus actif. Il a été bien montré que les molécules antioxydantes telles que l'acide ascorbique, le tocophérol, les flavonoïdes et les tanins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité à céder l'hydrogène **(Dieng *et al.*, 2017).**

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux rapportés par **El-Sayed *et al.*, (2024)** qui ont obtenu une valeur IC50 de 79,34 ± 1,78 µg/mL pour l'extrait de rhizome d'*Alpinia galanga* par la méthode DPPH, qui révèle son potentiel antioxydant remarquable.

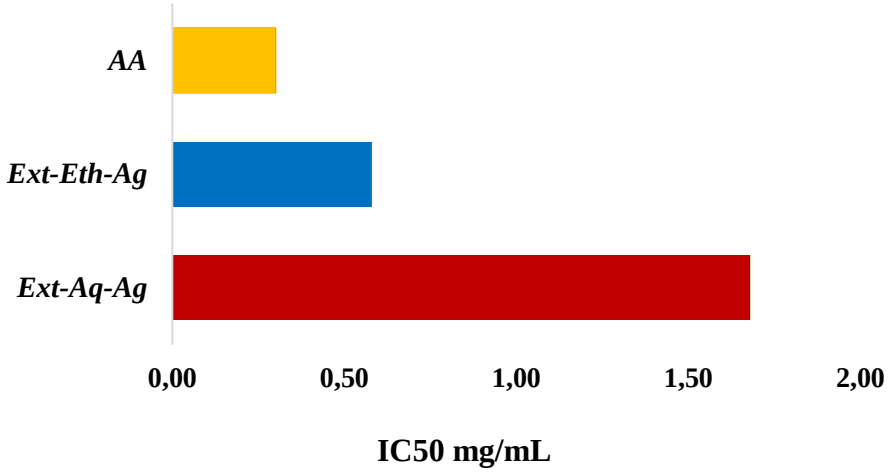


Fig. 13 Concentration Inhibitrice médiane (CI50).

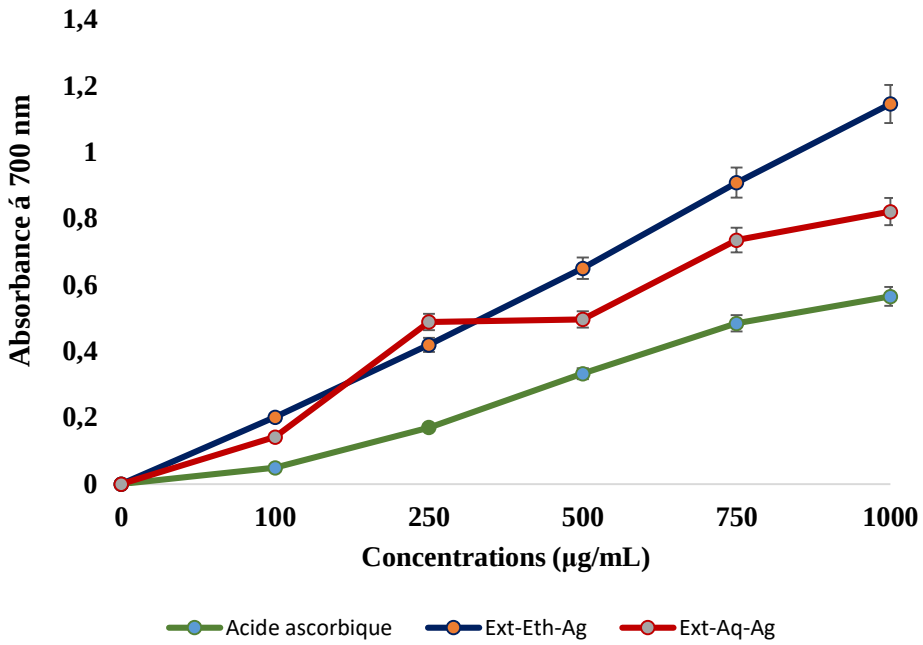
Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Etho-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05.*

Ext-aq-*Ag vs Ext-Etho-Ag**

L'activité antioxydante plus élevée de l'extrait éthanolique s'explique par sa richesse en polyphénols et flavonoïdes. Ces composés, porteurs de groupes hydroxyles(OH^-), neutralisent les radicaux libres par transfert d'atomes d'hydrogène ou d'électrons **(Dai & Mumper, 2010).** De même, les résultats de l'étude d'**Aziz *et al.*, (2024)** ont montré que la forte teneur en substances phénoliques et flavonoïdes, notamment en turmérone, en 1,8-cinéole et en d'autres composés volatils, contribuait significativement à l'activité antioxydante totale.

La figure 14 représente le résultat du pouvoir réducteur des extraits d'*Alpinia galanga.* Les résultats obtenus mettent en évidence une augmentation progressive de l'absorbance à 700 nm avec l'élévation de la concentration (100 à 1000 µg/mL). Cette évolution traduit une augmentation de la capacité des extraits à réduire les ions ferriques (Fe^{3+}) en ions ferreux (Fe^{2+}), ce qui reflète directement leur potentiel antioxydant

Les résultats de cette étude révèlent que l'extrait éthanolique (Ext-Eth-Ag) présente un pouvoir réducteur plus important est progressive sur l'ensemble des concentrations testées. Il est suivi par l'extrait aqueux (Ext-Aq-Ag), tandis que l'acide ascorbique montre une activité relativement plus faible. Cette différence devient plus marquée aux concentrations élevées, indiquant une efficacité croissante de l'extrait éthanolique.



.

Fig. 14 Capacité de réduction de l'extrait éthanolique et aqueux *d'Alpinia galanga* et de l'acide ascorbique.

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Ethol-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05.*

Ext-aq-*Ag* *vs* *Ext-Eth-Ag**

Cette augmentation du pouvoir réductrice est attribué à l'éthanol à extraire des composés phénoliques, particulièrement les flavonoïdes en plus grande quantité, ces derniers étant reconnus pour leur pouvoir réducteur élevé. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Srividya *et al.*, (2011),** qui ont montré que l'extrait éthanolique d'*Alpinia galanga* présentent une forte activité antioxydante. De même, **Kose *et al.*, (2015)** ont rapporté que les extraits d'*Alpinia galanga* possèdent une capacité réductrice importante.

4.1. Calcule de l'activité et détermination de la concentration efficace 50% (EC50)

Les résultats du tableau IV représente le calcul de la concentration efficace à 50 % (EC50), qui correspond à la concentration nécessaire pour atteindre 50 % de l'activité antioxydante maximale.

Les valeurs obtenues sont de 334,29 µg/mL pour l'extrait éthanolique, 430,12 µg/mL pour l'extrait aqueux et 433,16 µg/mL pour l'acide ascorbique.

Tableau IV. Résultat du test antioxydant exprimant la concentration efficace 50% de l'extrait aqueux et éthanoïque d'*Alpinia galanga*

	EC50 (µg/mL)
Acide ascorbique (Standard)	433,16
Ext-aq-Ag	430,12
Ext-Ethol-Ag	334,29

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Ethol-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05*

EC : *Effective concentration 50% (µm/ml), (concentration qui donne 50% de l'activité maximale.*

D'après les résultats obtenus, l'extrait éthanolique présente la valeur EC50 la plus faible. Cela indique que son activité antioxydante est plus élevée que celle de l'extrait aqueux et de l'acide ascorbique. En revanche, les valeurs de l'extrait aqueux et de l'acide ascorbique sont proches, ce qui suggère une efficacité comparable, mais inférieure à celle de l'extrait éthanolique. Ces résultats sont en corrélation avec ceux du dosage du pouvoir réducteur **(voir la figure 14)**, qui montre que l'extrait éthanolique a un pouvoir réducteur remarquable.

Nos résultats concorde avec l'étude d'**Aziz *et al.*, (2024)** qui a rapporté que *Alpinia galanga* possède une activité antioxydante importante, avec des valeurs IC50 variables selon le type d'extrait utilisé. En outre, les résultats des travaux de **Tian *et al*., (2022b)** et de **Youn *et al.*, (2024)** ont bien montré le potentiel antioxydant des espèces du genre Zingiberaceae, dû à la présence de composés phénoliques, flavonoïdes, diarylheptanoïdes et terpénoïdes.

5. Évaluation des activités biologiques

5.1. Évaluation de l'activité anti inflammatoire in vitro

L'activité anti-inflammatoire in vitro a été évaluée par la méthode de dénaturation de l'albumine, basée sur la capacité des extraits à inhiber la dénaturation de la sérum-albumine bovine (BSA) **(Bouhlali *et al.*, 2016).** Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition de la dénaturation protéique **(Fig. 15).** La courbe a été établie en fonction des différentes concentrations (µg/mL), en utilisant le diclofénac comme référence anti-inflammatoire.

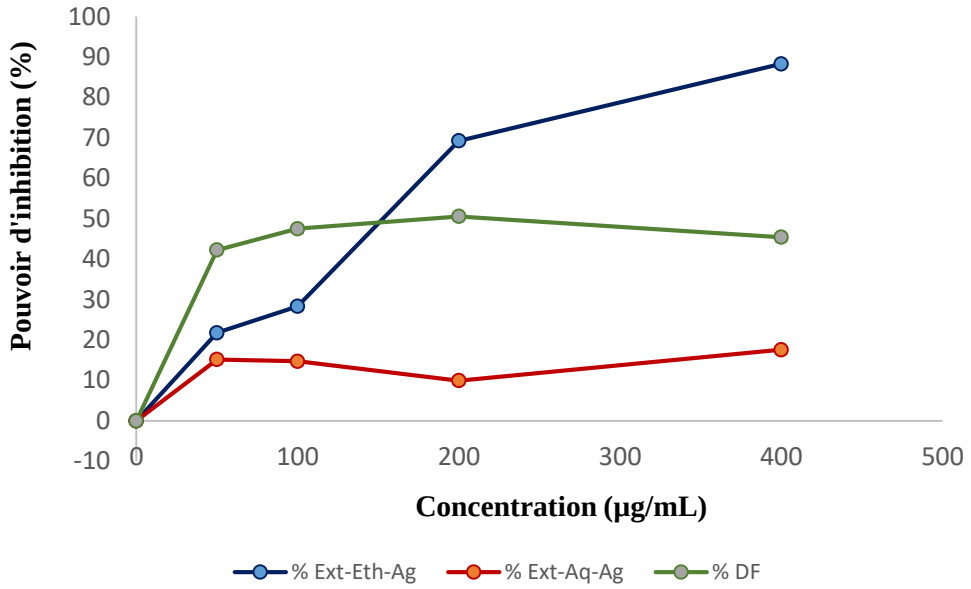


Fig. 15 Pourcentage d'inhibition de dénaturation de BSA par les extraits & du diclofénac du sodium.

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Ethol-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05*

Ces résultats ont mis en évidence que l'extrait éthanolique possède une capacité anti-inflammatoire plus importante que celle de l'extrait aqueux, et qu'elle est également plus puissante que celle du diclofénac du sodium. Les résultats de cette étude concordent avec ceux de **Cahyono *et al.*, (2023)**, qui ont démontré que l'extrait éthanolique d'*Alpinia galanga* augmente de manière significative l'expression des cytokines anti-inflammatoires IL-10 et TGF-β dans un modèle d'inflammation aiguë de cellules mononucléées du sang périphérique (PBMC) stimulées par le TNF-α.

Par ailleurs, il a été démontré que les polyphénols de l'extrait éthanolique *d'Alpinia galanga* exercent un effet anti-inflamatoire en inhibant les cascades NF-κB et JAK/STAT et en réduisant l'expression de l'iNOS, des réseaux de signalisation majeurs contrôlant les gènes pro-inflammatoires dans un modèle de cardiotoxicité induite par le bruit **(Ben Attia *et al.*, 2025).** De plus, les résultats des travaux de **Palanirajan *et al.*, (2025)** ont souligné l'importance des térpénoïdes, flavonoïdes (kaempférol, quercétine, galangine) et diarylheptanoïdes présents dans les rhizomes comme principaux agents anti-inflammatoires. Ils contribuent à diminuer les cytokines pro-inflammatoires et à inhiber les enzymes COX-2 et iNOS.

Ces résultats s'accordent pleinement avec notre étude, où l'extrait éthanolique a montré une inhibition dose-dépendante de la dénaturation de la BSA, dépassant même l'activité du diclofénac de sodium à des concentrations élevées, ce qui suggère que les composés phénoliques de l'extrait éthanolique agissent via des mécanismes multiples incluant la stabilisation protéique et l'inhibition des voies pro-inflammatoires.

5.2. Activité antifongique de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata*

Les résultats de l'activité antifongique de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata* sont représenté dans le tableau V.

Les résultats de cette étude ont montré que les extraits éthanolique et aqueux d'*Alpinia galanga* exercent une activité inhibitrice notable sur la croissance mycélienne des deux espèces de champignons phytopathogènes testées, *Fusarium sp.* et *Alternaria spp*., même si l'intensité et le profil de cette inhibition varient en fonction de la nature du solvant d'extraction, de la concentration utilisée et de l'espèce fongique ciblée.

Tableau V. Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum et Alternaria alternata.*

	Pourcentage d'inhibition (PI) de la croissance radiale des deux espèces de champignons selon la concentration d'extrait		
Extraits		*Fusarium sp*	*Alternaria spp*
	[C] mg/mL	**PI %**	**PI %**
Aqueux	2	76,92	15,00
	4	71,79	20,00
	6	2,56	17,50
	8	38,46	22,50
	10	33,33	77,00
Ethanolique	2	74,36	2,50
	4	76,92	20,00
	6	74,36	32,50
	8	66,67	35,00
	10	71,79	20,00

PI : *pouvoir* d'inhibition de la croissance des champignon, ***Fusarium sp :*** *Fusarium oxysporum****, Alternaria spp :*** *Alternaria alternata*

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Ethol-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,05.*

Sur la souche fongique de *Fusarium sp.*, l'extrait aqueux a révélé une propriété antifongique avec un pourcentage d'inhibition (PI) variant entre de 33,33 à 76,92 %, et à la concentration de 2mg/ml a montré une activité antifongique très remarquable. En revanche, à la concentration de 6 mg/ml, une diminution brutale de l'activité a été observée, le PI a diminué jusqu'au 2,56 % (**Tableau V**). Cette réponse non linéaire est probablement attribuée à un effet hormétique (hormesis)**.** Les résultats de notre travail concordent avec ceux trouvé par **Daoudi et *al.*, (2017)** lors de l'évaluation d'extraits aqueux de plantes médicinales contre *Fusarium oxysporum*. Cependant, ce phénomène caractérisé par une stimulation ou une diminution inattendue de la réponse biologique en fonction de la dose, où une faible concentration exerce un effet inhibiteur important tandis qu'une concentration plus élevée entraîne une perte d'efficacité

Concernant l'extrait éthanolique a présenté des pourcentages d'inhibition (PI) élevés et relativement stables, variant entre 66,67 % et 76,92 **%** sur les concentrations testées. À partir de 4 mg/mL, l'extrait éthanolique a inhibé la croissance mycélienne fongique à un PI de 76,92 **%**. Ces résultats suggèrent que l'extrait éthanolique exerce une activité fongistatique très remarquable. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Handajani & Purwoko, (2008)** qui ont mis en évidence que l'extrait éthanolique de rhizome de *galanga* est significativement ($p < 0,05$) efficace contre la croissance de coloniale de *Fusarium moniliforme*, d'*Aspergillus flavus et* d'Aspergillus *niger*. Par ailleurs, l'étude de **Bekhechi *et al.*, 2008** qui a montré que l'activité des plantes médicinales peut être améliorée en utilisant des solvants organiques ; ce qui pourrait expliquer l'activité antifongique intéressante de l'extrait éthanolique.

Quant à l'activité antifongique de l'espèce *Alternaria* spp., les résultats obtenus (**Tableau V**) montrent que l'extrait aqueux et éthanolique affichent une activité d'inhibition sensiblement différent, cela témoignant d'une sensibilité différentielle des deux espèces fongiques aux composés bioactifs d'*Alpinia galanga.* De plus, cette activité est faible et modeste comparativement à ceux observés chez *Fusarium sp.*

A des faibles concentrations, l'extrait éthanolique a montré une cinétique d'inhibition croissante atteignant un maximum de 35,00 % à 8 mg/ml, avant de diminue à 20% a une concentration de 10 mg/ml, traduisant l'existence d'une concentration optimale d'activité. Alors que, ceux de l'extrait aqueux a montré une très faible activité de 2% et 15%, a des concentrations de 2 et 4 mg/ml, respectivement. En revanche, les résultats ont enregistrer une augmentation spectaculaire atteignant 70,00 % à 10 mg/ml par l'extrait aqueux qui est la caractéristique d'un effet de seuil de concentration.

Ces résultats suggèrent que la variation observée entre l'effet antifongique de l'extrait aqueux et éthanolique vis-à-vis d'*Alternaria* spp est attribuée aux composés bioactifs qui sont extraits de manière sélective selon la polarité du solvant utilisé. Des résultats similaires sont obtenus par les travaux de **Hajji *et al.*, (2016)** et de **Benali *et al.*, (2025)**, qui ont mis en évidence une relation positive entre le taux d'inhibition d'*Alternaria spp* et la teneur en polyphénols et flavonoïdes totaux des extraits végétaux.

Les travaux de **Priyono *et al.*, (2024)** ont bien établi que les composés terpéniques du rhizome d'*Alpinia galanga* notamment le 1,8-cinéole et le méthyl-eugénol exercent leur activité antifongique par altération de la membrane cytoplasmique fongique, conduisant à une perturbation de l'homéostasie cellulaire. Ces résultats sont renforcés par **Khairullah *et al.*, (2020)**, qui ont confirmé que le rhizome d'*Alpinia galanga* présente des teneurs en composés phénoliques et flavonoïdiques nettement supérieures à celles des feuilles, justifiant ainsi son utilisation comme matériel végétal de référence dans la présente étude.

Conclusion & Perspectives

À l'heure actuelle, l'emploi des plantes médicinales a suscité un intérêt marqué dans le cadre des investigations biomédicales et elle fait l'objet d'un engouement grandissant dans les nations industrialisées et émergentes.

L'objectif de ce présent travail est l'étude de l'activité antioxydante et l'activité biologique de l'extrait aqueux et éthanolique du rhizome *Alpinia galanga*. Pour ce faire, nous sommes intéressés en première partie, à la détermination de la teneur en composés phénoliques, en flavonoïdes et l'évaluation de l'activité anti-radicalaire du radical libre 2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl, détermination de la capacité antioxydant total et le pouvoir réducteur en fer des deux extraits. En deuxième partie, on a déterminé l'activité antiinflammatoire et le pouvoir antifongique contre des souches de champignons *Fusarium oxysporum* et *Alternaria alternata*.

L'évaluation des teneurs en composés polyphénols totaux et en flavonoïdes de l'extrait éthanolique d'Alpinia galanga révèle une importante présence de composés phénoliques, en particulier de flavonoïdes. Cela montre que l'éthanol est plus efficace pour l'extraction des composés phénoliques présents dans les rhizomes d'*Alpinia galanga*.

L'effet antioxydant de ces deux extraits a donné des résultats satisfaisants-vis-a-vis les tests utilisés. L'extrait éthanolique est doté d'une bonne efficacité réductrice du radical DPPH et une activité antioxydant total remarquable comparativement à celui de l'extrait aqueux. De plus, l'extrait éthanolique possède une très bonne capacité d'inhibitrice du pouvoir du fer, cela est expliqué par leurs richesses et la présence de composés phénoliques en particulier en flavonoïdes connues par leurs propriétés antioxydantes.

Par ailleurs, les résultats de l'activité antiinflammatoire ont montré que l'extrait éthanolique possède une capacité anti-inflammatoire plus importante que celle de l'extrait aqueux, et qu'elle est également plus puissante que celle du diclofénac de sodium. Cela suggère un potentiel intérêt thérapeutique et soutient son utilisation traditionnelle dans le domaine médical.

Les résultats de l'activité antifongique obtenus ont démontré que les deux extraits testés du rhizome d'*Alpinia galanga* ont exercé une activité inhibitrice notable sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum*, Quant à *Alternaria alternata*, les deux extraits ont montré une activité inhibitrice modérée, avec un effet plus prononcé aux concentrations élevées. Ces résultats confirment le potentiel antifongique du rhizome d'*Alpinia galanga* et soutiennent son utilisation comme source de composés bioactifs dans la lutte contre les champignons.

En perspectives, il serait intéressant d'identifier et de purifier les composés responsables de ces activités biologiques, d'évaluer leur efficacité in vivo, et d'explorer leur potentiel dans la formulation de complément alimentaire, notamment médicaments à base de plantes.

Références bibliographiques

AFNOR (1986). Association Française de Normalisation. Recueil de normes françaises-Produits agricoles et alimentaires / Méthodes d'analyse. AFNOR, Paris, 1986.

Aguayo O., Salazar L., & Romero M. (2024). Cardioprotective effects of Alpinia galanga rhizome extract against chronic noise-induced oxidative stress. *Journal of Ethnopharmacology*, 320, 117345.

Ahlina F. N., Nugraheni N., Salsabila I.A., Hapsari I., Dai M., & Meiyanto, E. (2020). Revealing the opposite role of reactive oxygen species (ROS) generation in the cytotoxic activity of galangal (*Alpinia galanga* L.) rhizome extract against metastatic breast cancer 4T1 cells and normal NIH3T3 cells. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 21(2), 507–517.

Alara OR., Abdurahman, NH., & Ukaegbu, CI. (2021). Extraction of phenolic compounds : A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200–214.

Ali S., Khan MR., & Batool, R. (2020). Structure and bioactivities of phenolic acids: A review. *Natural Product Research*, 34(20), 2951–2967.

Aljobair, M. O. (2002). Nutritional and medicinal aspects of *Alpinia galanga* and *Alpinia officinarum*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 9(1), 45–53.

Aljobair MO. (2022). Chemical composition, antimicrobial properties, and antioxidant activity of galangal rhizome. *Food Science and Technology*, 42, e45622.

Anhe FF., Varin TV., Le Barz M., Desjardins Y., Leblond G., Gupta P., & Marette, A. (2013). Gut microbiota dysbiosis in obesity-linked metabolic diseases and prebiotic potential of polyphenol-rich extracts. *Current Obesity Reports*, 4(4), 389–400.

Arnous A., Makris D. P & Kefalas, P. (2001). Effect of principal polyphenolic components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. *J. Agric. Food Chem*, 49(12), 5736–5742.

Aziz IM., Alfuraydi AA., Almarfadi OM., Aboul-Soud MAM., Alshememry AK., Alsaleh AN., Almajhdi FN.*et al.* (2024). Phytochemical screening and antioxidant activity of *Alpinia galanga* extracts. *J. Herb. Med*, 41, 100650.

Azwanida NN. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 4(3) : 196.

Bajpai VK., Sharma A., & Baek KH. (2013). Antibacterial mode of action of *Cudrania tricuspidata* fruit essential oil, affecting membrane permeability and surface characteristics of food-borne pathogens. *Food Control*, 32 : 582–590.

Ballout J., Drouet S., Renault JH., Vanselow K., & Dugé de Bernonville T. (2019). Alkaloid biosynthesis in plants : Diversity, regulation and recent advances. *Phytochemistry*, 166, 112124.

Balouiri M., Sadiki M., & Ibnsouda S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J. Pharm. Anal.,* 6(2), 71–79.

Bekhechi C., Atik-Bekkara F. & Abdelouahid D.E. (2008). Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. *Phytothérapie,* 6(3) : 153-159.

Ben Attia N., Serairi-Beji R., Horchani M., Aloui S., Salhi M., Galai S., Bel Haj Kacem L., Ben Jannet H., López-Maldonado EA., Mhamdi A. (2025). *Alpinia galanga* rhizome extract shields against noise-induced cardiotoxicity via antioxidant and anti-inflammatory actions: experimental insights. *Mol. Nutr. Food Res,* 69(24), e70320.

Benali M. *et al.* (2025). Activité antifongique de six plantes médicinales in vitro sur des champignons phytopathogènes. Mémoire de Master, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès, Algérie. Disponible sur : https://dspace.univ-sba.dz.

Boizot N & Charpentier JP. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, 79–82.

Bouhlali EDT., Sellam K., Bammou M., Alem C., Filali-zehzouti Y. (2016), In vitro Antioxidant and anti-inflammatory properties of selected Moroccan medicinal plants, *J. Appl. Pharm. Sci.,* 6 (05) : 156-162.

Bradley DW., McMahon BJ., & Sargent TL. (2016). Cardiovascular and metabolic benefits of plant-based diets. *American Journal of Cardiology*, 117(9), 1492–1498.

Brand-Williams W., Cuvelier M. E., & Berset C.L.W.T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*. *28*(1) : 25-30

Cahyono B., Suzery M., & Amalina ND. (2023). Anti-inflammatory effect of *Alpinia galanga* extract on acute inflammatory cell model of peripheral blood mononuclear cells stimulated with TNF-α. *Medicinska Glasnik (Zenica),* 20(2).

Chouni A & Paul S. (2018). A Review on Phytochemical and Pharmacological Potential of *Alpinia galanga*. *Pharmacognosy Journal*, 10(1), 09–15.

Daoudi A., Bammou M., Haloui Z., Ibijbijen J. & Nassiri L. (2017). Activité antifongique des extraits aqueux de *Calendula officinalis* L., *Urginea maritima* (L.) Baker et *Chenopodium ambrosioides* L. *European Scientific Journal*, 13(24), 483-497.

Dai J & Mumper RJ. (2010). Plant phenolics : extraction, analysis and antioxidant properties. *Molecules,* 15, 7313–7352.

Das J, Ramani R, Suraju MO. (2016). Polyphenol compounds and PKC signaling. *Biochim Biophys Acta;*1860(10):2107-21.

Dieng S.M., Ndiaye M., Fall A., Diaw PA., Dieye AM.et al. (2017). Antioxidant activity and phenolic composition of plant extracts from Senegal. *Journal of Applied Biosciences*, 113, 11239–11248.

El-Sayed A.I., Kolesnikova N.V., Hassanein E.H.M., *et al.* (2024). Phytochemical analysis, antioxidant, anticancer, and antibacterial potential of *Alpinia galanga* (L.) rhizome. *Heliyon*, 10(17), e37196

Espinel-Ingroff A., Arthington-Skaggs B., Iqbal N., Ellis D., Pfaller MA., Messer S., Rinaldi M., Fothergill A., Gibbs DL., Wang A.*et al.* (2007). Multicenter evaluation of a disk agar diffusion method for filamentous fungiJ. *Clin. Microbiol.*, 45(6), 1811–1820.

Falavinha BH., Costa CK., Becker G., & Vilela-Goulart MG. (2025). Tannin structure and biological activities: A comprehensive review. *Phytochemistry Reviews*, 24(1), 1–28.

Ganaie MA. (2021). Pharmacological activities of phenolic compounds from medicinal plants. *J. Pharm. Pharmacol*, 73(4), 482–497.

Ghasemzadeh A. (2011). Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. est *J. Med. Plants Res*, 5(31), 6697–6703.

Ghosh R., Barman S., Mukherjee R., & Mandal NC. (2015). Role of polyhydroxy phenolics and condensed tannins. *J. Ethnopharmacol*, 169, 41–50.

Ghosh S & Rangan, L. (2013). *Alpinia :* the gold mine of future therapeutics. *Biotech,* 3(3), 173–185.

Gold E. (2023). *Alpinia galanga* : Botany, phytochemistry and pharmacology. *Phytotherapy Research*, 37(4), 1312–1334.

Handajani NS & Purwoko T. (2008). The activity of *galanga (Alpinia galanga)* rhizome extract against the growth of filamentous *fungi Aspergillus spp.* that produce *aflatoxin and Fusarium moniliforme*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 9(3), 161–164.

Hajji H *et al.* (2016). Évaluation in vitro de l'activité antifongique de quatre plantes médicinales marocaines sur cinq champignons phytopathogènes. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, 10 : 57-65.

Haraguchi H., Kuwata Y, Inada K, Shingu K, Miyahara K, *et al.* (1996). Antifungal activity from *Alpinia galanga* and the competition for incorporation of unsaturated fatty acids in cell growth. *Planta Med*,62(4):308-13.

Heilerova L., Bučková M., Tarapčík P., Šilhár S., & Labuda J. (2003). Comparison of antioxidative activity data for aqueous extracts of lemon balm, oregano and agrimony obtained by conventional methods and the DNA-based biosensor. *Czech J. Food Sci,* 21(3), 78–84.

Herdiansyah MA., Ansori ANM., Kharisma VD., Alifiansyah MRT., Anggraini D., *et al.* (2024). *In silico* study of cladosporol and its acyl derivatives as anti-breast cancer against alpha-estrogen receptor. *Biosaintifika* ,16(1):142-54.

Herrmann F, Romero MR, Blazquez AG, Kaufmann D, Ashour ML, *et al.* (2011). Diversity of pharmacological properties in chinese and european medicinal plants: cytotoxicity, antiviral and antitrypanosomal screening of 82 herbal drugs. *Diversity*; 3(4):547-80.

Huang GC., Kao CL., Li WJ., Huang ST., Li HT., & Chen CY. (2018). A New Phenylalkanoid from the Rhizomes of *Alpinia galanga*. *Chemistry of Natural Compounds*, 54(6), 1072–1075.

Jaju S., Indurwade N., Sakarkar D., Fuloria N., Ali M. (2009). Isolation of galangogalloside from rhizomes of *Alpinia galanga*. *Int J Green Pharm*, 3(2), 144–147.

Jayaprakasha GK., Singh RP., & Sakariah KK. (2001). Antioxidant activity of grape seed (Vitis vinifera) extracts on peroxidation models in vitro. *J. Agric. Food Chem*, 49(9), 4610–4615.

Kabera JN., Semana E., Mussa AR., & He X. (2014). Plant secondary metabolites: Biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *J. Pharm Pharmaco*, 2(7), 377–392.

Karthik K., Kumar BRP., Priya VR., Kumar SK., Rathore RSB. (2013), Evaluation of anti-inflammatory activity of *Canthium parviflorum* by in-vitro method, *Indian J. Res. Pharm. Biotechnol.* 1(5) : 729.

Kedare SB & Singh RP. (2011). Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *J. Food Sci. Technol*, 48 (4), 412–422.

Khairullah1 AR., Solikhah T I., Ansori1 ANM., Fadholly A., Ramandinianto SC., Anshariета R., Widodo A., *et al. (2020).* A Review of an Important Medicinal Plant : *Alpinia galanga* (L.) Willd. *Sys Rev Pharm*,11(10):387-395.

Khare CP. (2007). *Alpinia galanga* – an important medicinal plant : A review. A Dictionary of Indian Medicinal Plant, *Published by Springer India Pvt. Ltd*.; 2007.

Khodavandi A., Tahzir NAB., Cheng, PW., Chen, PYV., & Alizadeh F., *et al.* (2013). Antifungal activity of Rhizome coptidis and *Alpinia galangal* against *Candida species*. J. *Pure Appl. Microbiol*., 7(3), 1725–1730.

Khoso MA., Hussain A., Brohi IQ., Bhutto AR., & Tunio MT. (2017). *Alpinia galanga* extract attenuates oxidative stress and inflammatory markers. *J. Pharmacognosy Phytother*, 9(4), 50–57.

Kose LP., Gulcin İ., Gören AC., Namiesnik J., Martinez-Ayala AL., & Gorinstein S. (2015). LC-MS/MS analysis, antioxidant and anticholinergic properties of *galanga* (*Alpinia officinarum*). *Industrial Crops and Products*, 74, 712–721.

Kováč J., Valachova K., Jurikova A., Klosen P., & Soltes, L. (2022). Tannins : Chemistry, biological activities and applications in stomatology. Molecules, 27(2), 485.

Kukula-Koch W., & Widelski J. (2016). Alkaloids. In M. Heinrich & A. Mah (Eds.), Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategies (pp. 163–198). Elsevier.

Kumar N., & Goel N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370.

Lagnika L (2005). Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, **2005**, page : 249.

Laksmitawati DR., Pratami DK., Widowati W., Kusuma HSW., Wijayanti CR., Rizal R. (2022). The potency of *Alpinia galanga* as natural antioxidant. *Majalah Obat Tradisional*, 27, 165–171.

Lecerf JM. (2016). Cardiovascular benefits of polyphenols from plants. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 30(2), 116–126.

Luo M., Liu X., Zu Y., Fu Y., Zhang S., Yao L., & Efferth T. (2010). Celastrol-induced apoptosis of human cervical cancer cells is associated with PI3K/AKT signalling. *J Ethnopharmaco*, 130(2), 278–285.

Ly TN., Shimoyamada M., Katoh N., & Yamauchi R. (2001). Isolation and characterization of some antioxidative compounds from the rhizomes of smaller galanga (Alpinia officinarum). *J. Agric. Food. Chem*, 51(17), 4924–4929.

Manse Y., Ninomiya K., Nishi R., Kamino S., Chaipech S., Pongpiriyadacha Y., & Morikawa T. (2016). Inhibitors of melanin production in B16 melanoma cells from the rhizomes of Alpinia galanga. *J of Nat Med*, 70(3), 494–503.

Marc F. (2001). Propriétés antiradicalaires de plantes médicinales traditionnelles utilisées en médecine populaire. *Phytothérapie*, 1(4), 84–89.
Mayachiew P & Devahastin S. (2008). Antioxidant activities and stability of extracts from Thai galangal (Alpinia galanga L.). *LWT – Food Sci Technol*, 41(10), 1934–1941.

Mokgolodi NC., Setshogo MP., Shi L., Liu Y., & Ma C. (2011). Achieving food and nutritional security through agroforestry: A case of Botswana. *Forestry Studies in China*, 13(1), 1–9.

Molyneux P., 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity Song klanakarin. *J. Sci. Technol*., 26(2): 211-219.

Morigane A. (2007). *Alpinia galanga* : Botanical and phytochemical description. *Plant Resources of South-East Asia*, 12(3), 67–72.

Muangnoi C., Chingsuwanrote P., Praengamthanachoti P., Svasti S., & Tuntipopipat S. (2007). *Morinda citrifolia* fruit juice inhibits chromium (VI)-induced apoptosis and oxidative stress. *Food Chemistry*, 102(1), 28–38.

Nadzir MM., Amalina ND., Cahyono B., & Suzery M. (2020). Phenolic content, antioxidant activity and anticancer activity of ethanolic extract of *Alpinia galanga* L. rhizome. *Journal of Physics: Conference Series*, 1524, 012056.

Nagashekhar M & Shivaprasad HN. (2006). An important medicinal plant: A review. *Biomed*, 1(1): 63–68.

Nongkhai NT., Maddocks SE., Phosri S., Pintathong P., Chaiwu P., Chandarajoti K., Nahar L., Sarker SD., Theansungnoen T. (2024). In Vitro Cytotoxicity and Antimicrobial Activity against Acne-Causing Bacteria and Phytochemical Analysis of Galangal (*Alpinia galanga*). *Int. J. Mol. Sci*, 25(20), 10869.

Nugraha A & Keller P. (2011). Revealing indigenous Indonesian traditional medicine: anti-infective agents. *Natural Product Communications*, 6(12), 1953–1966.

Olajire AA & Azeez L. (2011). Total antioxidant activity, phenolic, flavonoid and ascorbic acid contents of Nigerian vegetables. *Afr. J. Food Sci. Technol.* 2(2), 22–29.

Oyaizu M. (1986). Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of browning reaction products. *Jpn. J. Nutr. Diet*, 44(6), 307–315.

Palanirajan A., Kannappan P., & Kanniappan G.K. (2025). Anti-inflammatory activities of some plants of genus Alpinia: Insights from in vitro, in vivo, and human studies. *J. Evid.-Based Pharmacother*, 2025.

Panche AN., Diwan AD, Chandra SR. (2016). Flavonoids: an overview. *J. Nutri. Sci*, 5:1-15.

Parejo I., Codina C., Petrakis C., & Kefalas P. (2000). Evaluation of scavenging activity assessed Co(II)/EDTA-induced luminol chemiluminescence and DPPH_ (2,2-diphenyl-1-picryldrazyl) free radical assay. *J. Pharmacol. Toxicol. Methods*, 44, 507–512.

Petinot A. (2005). Étude botanique et phytochimique du Galanga (*Alpinia galanga*). Bulletin de la Société Botanique de France, 152(2), 110–118.

Petrakis C & Kefalas, P. (2000). Evaluation of scavenging activity assessed by Co(II)/EDTA-induced luminol chemiluminescence and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical assay. *J. Pharmacol. Toxicol. Methods*, 44(3), 507–512.

Pizzi A. (2021). Tannins: Prospectives and actual industrial applications. *Biomolecules*, 9(8), 344.

Pompimon W., Premanode B., & Kongtawelert P. (2009). The effects of p-hydroxycinnamaldehyde from *Alpinia galanga* extracts on human chondrocytes. *Phytochemistry*, 70(2), 237–243

Prastiyanto ME., Rohmah N., Efendi L., Arifin R., & Wardoyo FA., *et al.* (2021). Antifungal activities of the rhizome extract of five member Zingiberaceae against *Candida albicans* and *Trichophyton rubrum*. *Biodiversity*, 22(3), 1509–1513.

Prieto P., Pineda M., & Aguilar M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337–341.

Pripdeevech P., Chumpolsri W., Suttiarporn P., & Wongpornchai S. (2009). The chemical composition and antioxidant activities of basil from Thailand using retention indices and comprehensive two-dimensional gas chromatography. *J. Serb. Chem. Soc*, 75(11), 1503–1513.

Priyono QAP., Yusniasari PA., Alifiansyah MRT. *et al.* (2024). Ethnomedical Potentials, Phytochemicals, and Medicinal Profile of *Alpinia galanga* L.: A Comprehensive Review. *BIO Integration*, 5(1).

Ramanunny AK., Wadhwa S., Gulati M., Vishwas S., Khursheed R., Paudel KR., *et al.* (2022). Journey of *Alpinia galanga* from kitchen spice to nutraceutical to folk medicine to nanomedicine. *J Ethnopharmacol*, 291, 115144.

Rosales E., Pazinato J., Piva L., & Moura D. (2020). Alkaloids as anti-inflammatory and antimicrobial agents : Structural diversity and mechanisms of action. *Molecules*, 25(23), 5555.

Royer, M., Larbat, R., Le Bot, J., Adamowicz, S., Robin, C., & Andrivon, D. (2011). Is the C:N ratio a reliable indicator of crop susceptibility to diseases? A review. *Eur. J. Plant Pathol*, 130(3): 267–280.

Satish R & Dhananjayan R. (2003). Evaluation of anti-inflammatory potential of the rhizome of Alpinia galanga Linn. B*iomedicine*, 23, 91–96.

Schrader J., & Bohlmann J. (2015). Biotechnology of isoprenoids. In Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology (Vol. 148, pp. 1–12). Springer.

Shimaila K., Akhter M., Bilal A & Javed I. (2019). Morphological and phytochemical characterization of *Alpinia galanga* grown in Pakistan. *Pak. J. Bot*., 51(6), 2089–2096.

Singleton VL & Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungsti acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*,16 : 144-158

Srividya AR., Dhanabal SP., Misra VK & Suja G. (2011). Antioxidant and antidiabetic activity of Alpinia galanga. *Int. J. Pharm. Sci. Res*. 2(12), 3184–3188.

Sugiharto WD., Islamatasya U., Muhasyi AH., Merpati AB *et al.* (2022). The protective effect of *Gynura procumbens* adventitious root against lead acetate toxicity in mice. *J Trop Biodivers Biotechnol*; 7(2):1-9.

Sugiharto W., Zainul R., & Herdiansyah H. (2023). Computational docking study of *Alpinia galanga* phytochemicals against anticancer targets. J Mol. Model, 29(5), 134.

Sujono TA., Wahyuni AS., Yen KH., & Ling, H. Y. (2019). Antifungal and antibacterial activities of *Alpinia purpurata* essential oil. *Asian Pac. J. Trop. Biomed,* 9(3), 108–115.

Teoh ES. (2016). Flavonoids and their biological activities*. In Medicinal Orchids of Asia* (pp. 35–60). Springer.

Tian H., Jia X., Wang Q., Lu T., Deng G., Tian M., Zhou Y. (2022a). Antioxidant activity of Zingiberaceae plants: influence of extraction conditions (ethanol concentration, temperature, maceration duration). *Food Chemistry*, 368, 130809.

Tian Y., Jia X., Wang Q., Lu T, Deng G, *et al*. (2022b). Antioxidant, antibacterial, enzyme inhibitory, and anticancer activities and chemical composition of *Alpinia galanga* flower essential oil. *Pharmaceuticals (Basel);*15(9):1069.

Tirawanchai N., Homongkol P., Chansriniyom C., Somkasetrin A., Jantaravinid K., *et al.* Lipid-lowering effect of *Phyllanthus embilica* and *Alpinia galanga* extracts on HepG2 cell line. *Pharma Nutrition* ;9(1):1-10.

Trimanto T., Hapsari L., & Dwiyanti D. (2023). *Alpinia galanga* (L.) Willd: plant morphological characteristic and review on pharmacological activities. In: *Phytochemistry, Computational Tools and Databases in Drug Discovery*. Elsevier, pp. 393–455.

Trimanto, T., Hapsari, L., & Dwiyanti, D. (2021). *Alpinia galanga* (L.) Willd: Plant morphological characteristic, histochemical analysis and review on pharmacological. AIP *Conference Proceedings*, 2353(1), 030021.

Ullah A., Munir S., Badshah SL., Khan N., Ghani L., Poulson BG., & Jaremko M. (2020). Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules*, 25(22), 5243.

Verma R & Sharma N. (2022). Phytochemical and pharmacological activities of *Alpinia galanga*: A review. *Asian J. Pharm. Pharmacol,* 8(3), 74–85.

Vermerris, W., & Nicholson, R. (2006). Phenolic Compound Biochemistry. Springer. VK, Sharma A, Baek KH. Antibacterial mode of action of *Cudrania tricuspidata* fruit essential oil, affecting membrane permeability and surface characteristics of food-borne pathogens. Food Control 2013;32:582-90.

Vogt T. (2010). Phenylpropanoid biosynthesis. *Molecular Plant*, 3(1), 2–20.

Vuolo MM., Lima VS., & Maróstica JMR. (2019). Phenolic compounds : Structure, classification, and antioxidant power. In Bioactive compounds: Health Benefits and Potential Applications (pp. 33–50). Woodhead Publishing.

Widyawati PS., Budianta TDW., Kusuma FA., Wijaya EL. (2014). Difference of solvent polarity to phytochemical content and antioxidant activity of *pluchea indicia less* leaves extracts. *Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res.*, 6(2): 850-855.

Xie Q., Guo F., Gu T & LiuX. (2013). Supercritical CO_2 extraction and chemical composition of *Alpinia galanga* essential oil. *Molecules*, 18(6), 6544–6555.

Yang L., & Stöckigt, J. (2010). Trends for diverse production strategies of plant medicinal alkaloids. Natural Product Reports, 27(10), 1469–1479.

Youn HS., Han A., Piao D., Lee H., Kwak H., Lee Y., Nam J., Seo EK. (2024). Phytochemical and pharmacological properties of the genus *Alpinia* from 2016 to 2023. *Natural Product Reports*, 41, 1346–1367.

Yuliawati KM., Febriyanti RM., Sumiwi SA., & Levita J. (2025). Anti-Inflammatory Activities of Some Plants of Genus *Alpinia*. *J. Exp. Pharmacol*, 17, 51–91.

Zainul, R., Sugiharto, W., & Herdiansyah, H. (2024). In silico analysis of Alpinia galanga compounds as potential anticancer agents targeting DNA and protein interactions. Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, 42(5), 2398–2410.

Zandavar H & Babazad R. **(2023).** Alkaloids classification : True, proto and pseudo-alkaloids. Journal of Chemical Education, 100(3), 1200–1210.

Zhang J., Chen Q., Ma J., Zhong X., Xu H & Zhang X. (2010). Chemical composition of the essential oil from Alpinia galanga rhizomes by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Essential Oil Research, 22(4), 320–323.

Annexes

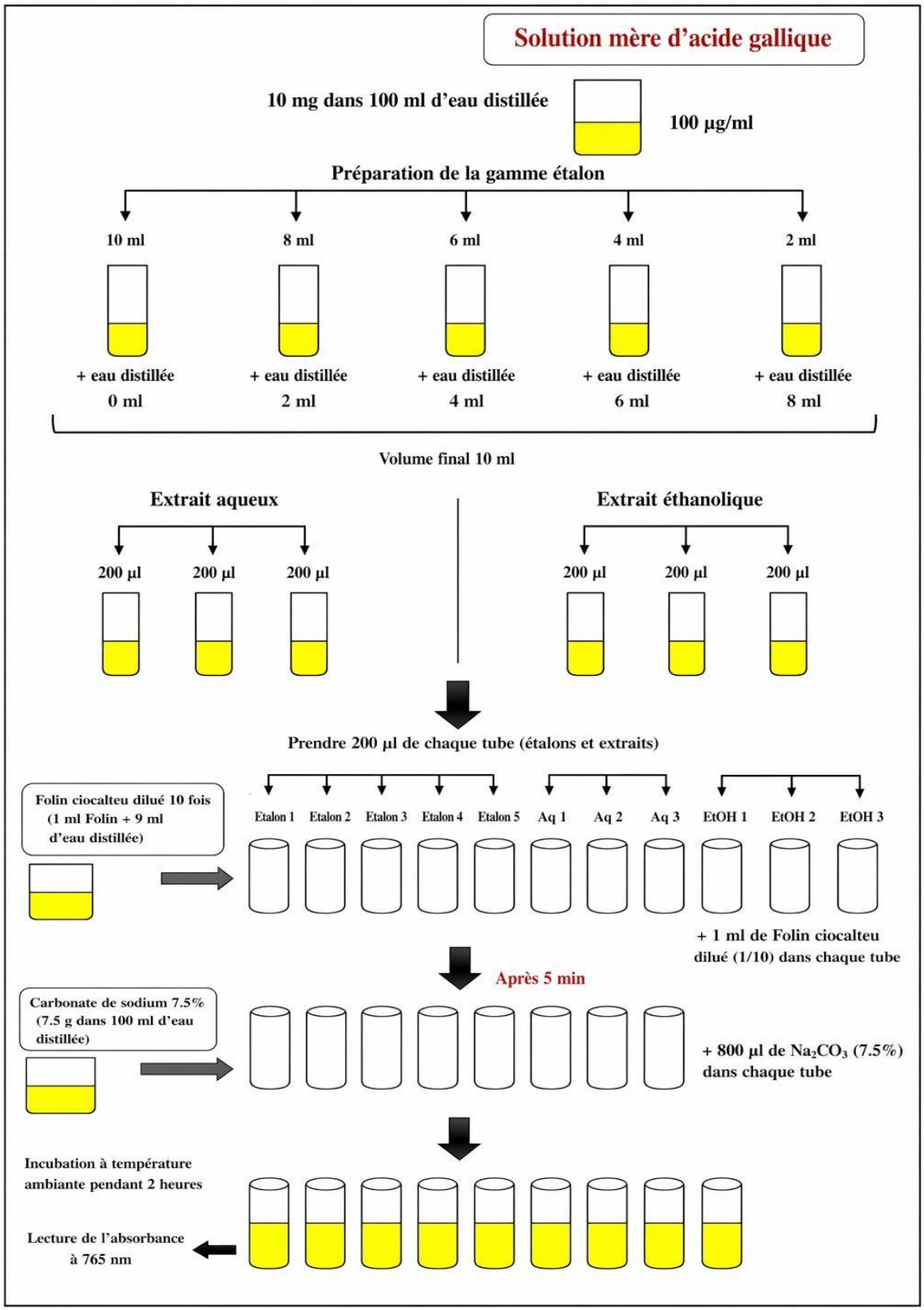


Fig. 16 Mode opératoire pour la détermination des teneurs en polyphénols totaux.

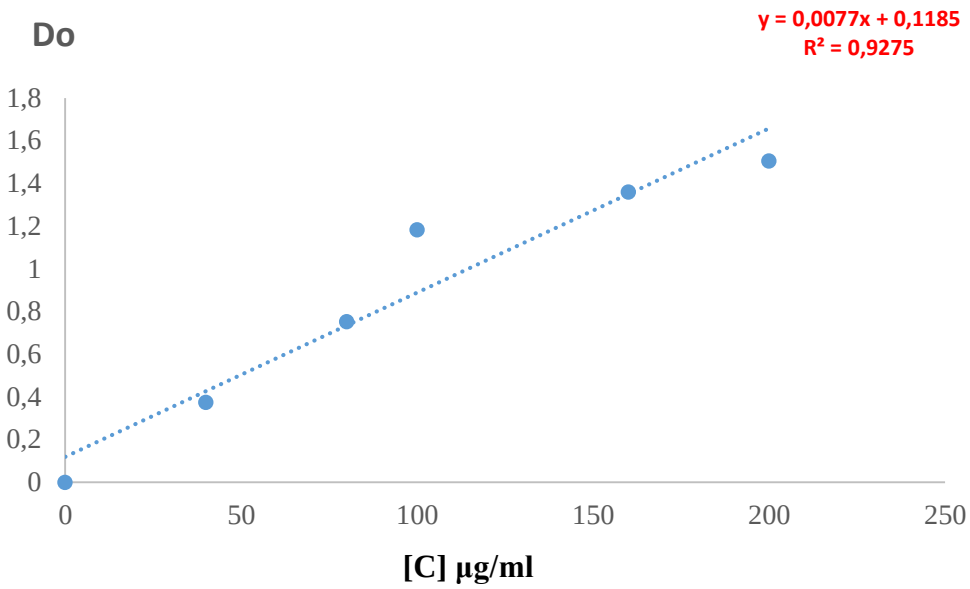


Fig. 17 Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

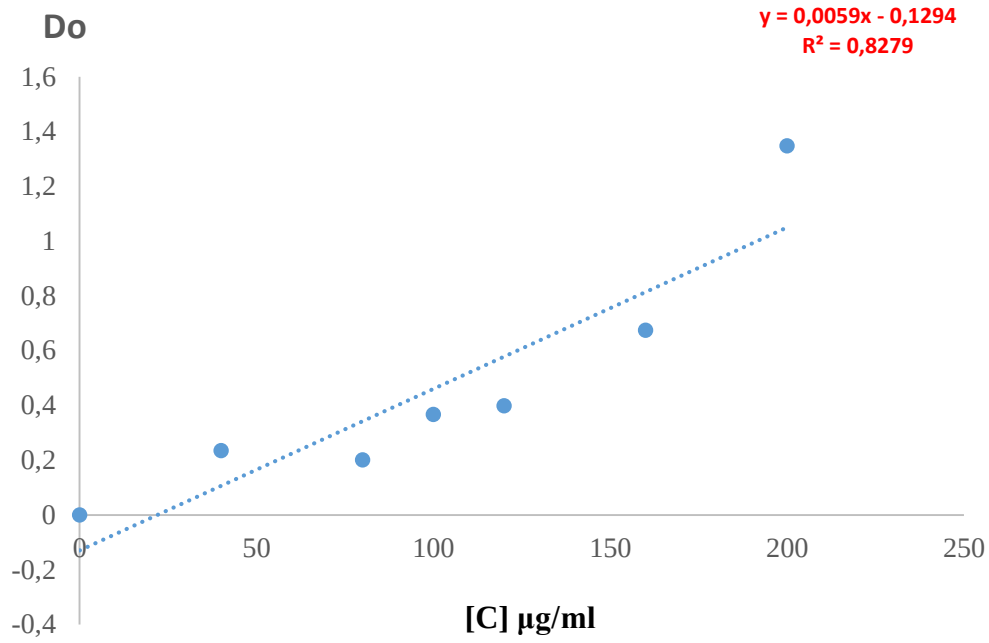


Fig. 18 Courbe d'étalonnage de quercétine

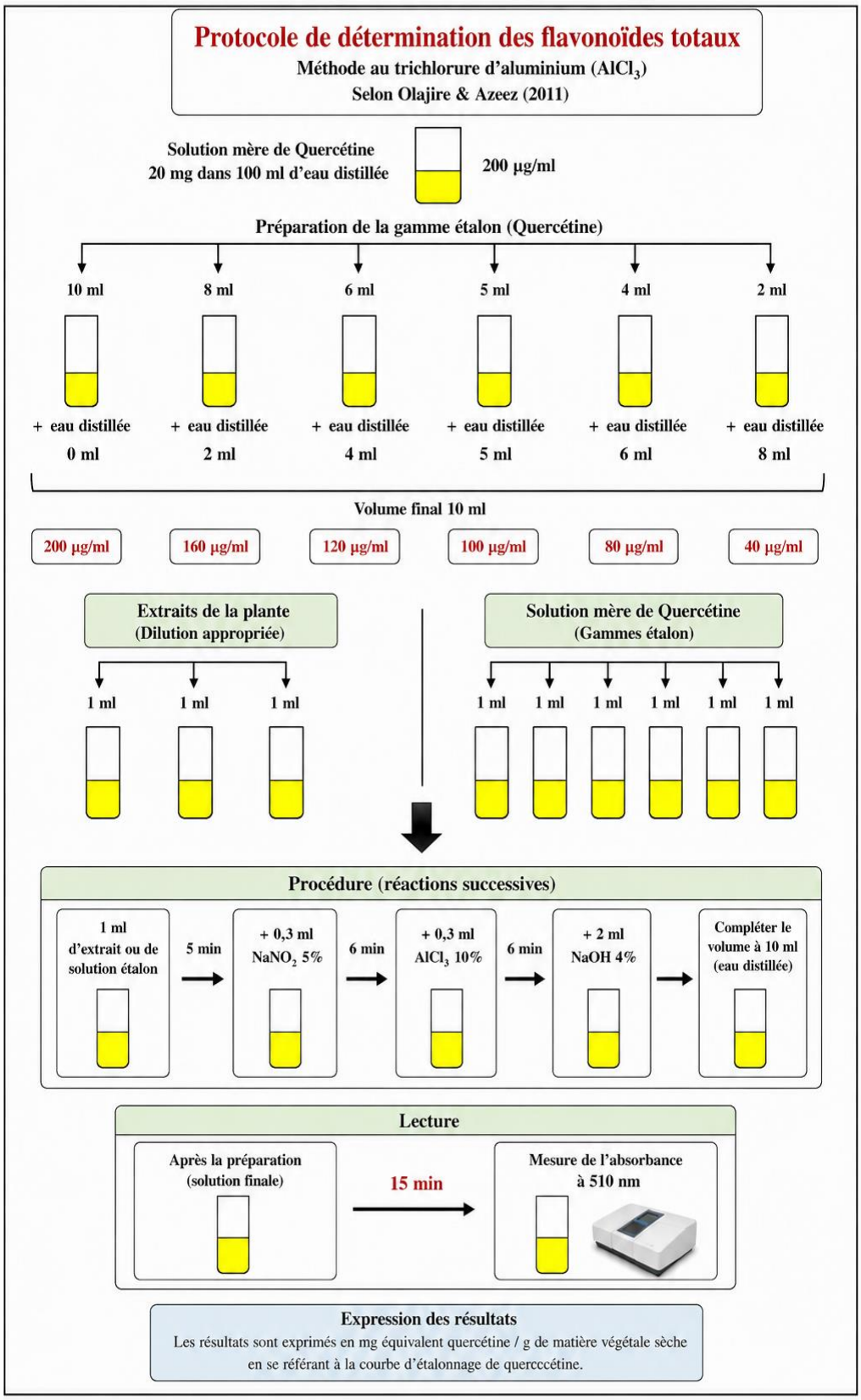


Fig. 19 Mode opératoire pour la détermination des teneurs en flavonoïdes.

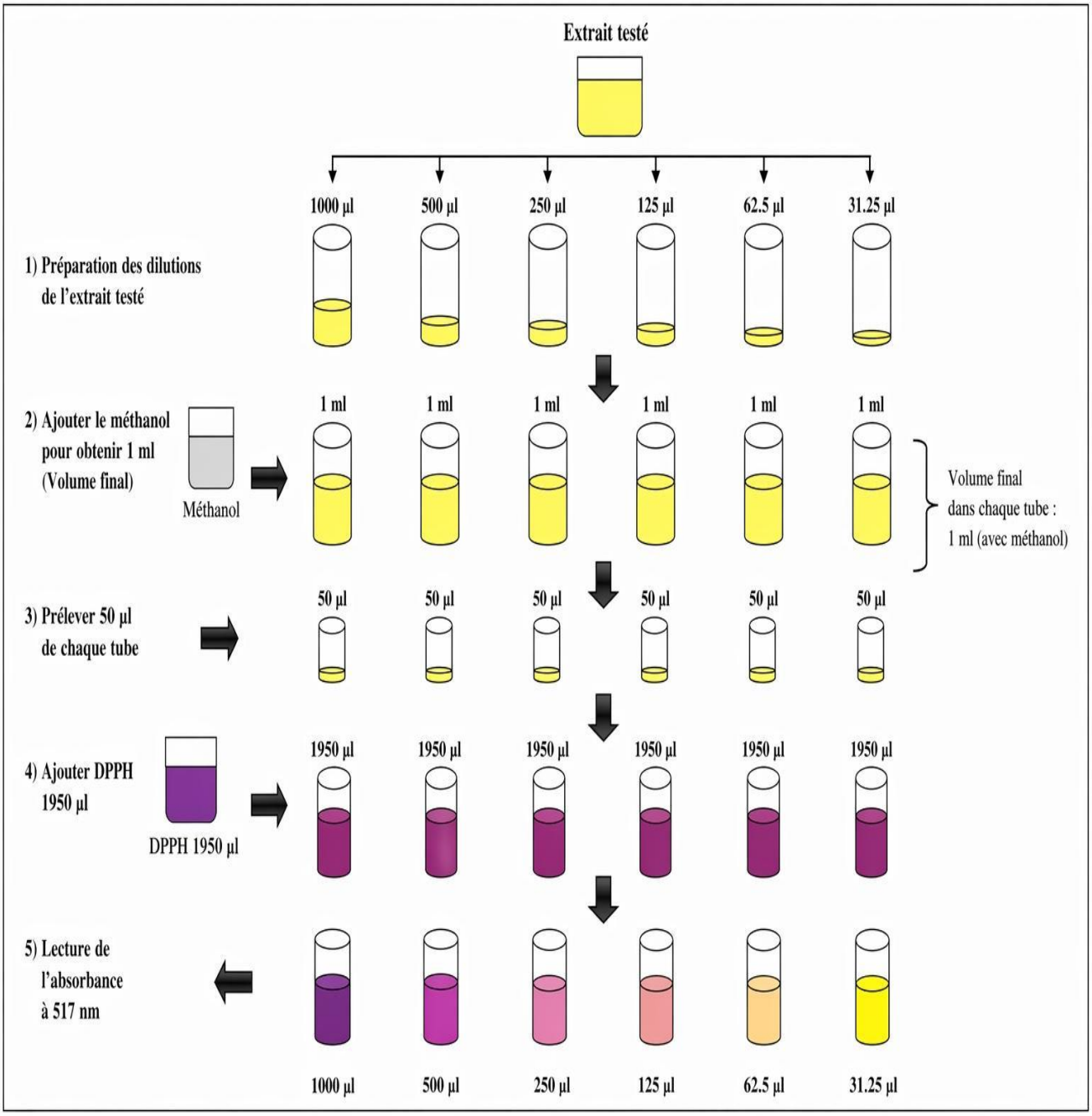


Fig. 20 Mode opératoire de l'évaluation de l'activité antiradicalaire (Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-pierylhydrazyl).

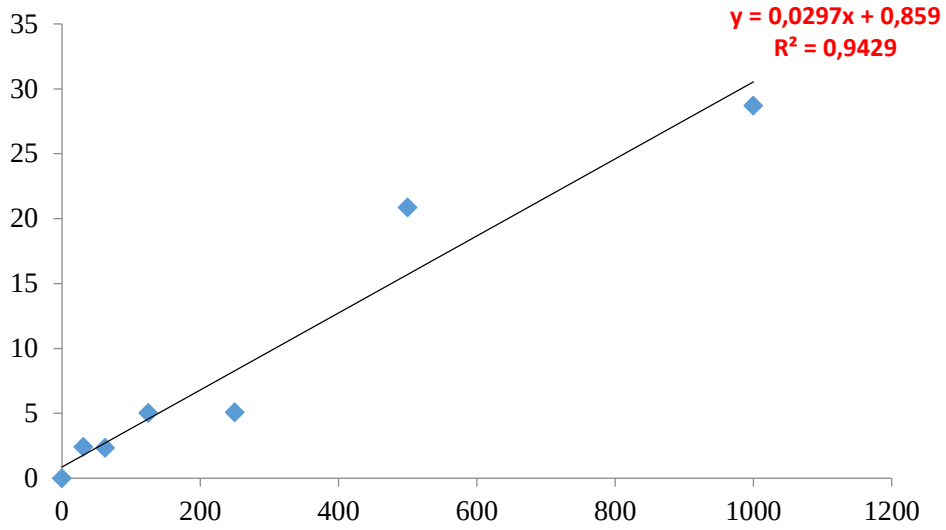


Fig. 21 Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait aqueux.

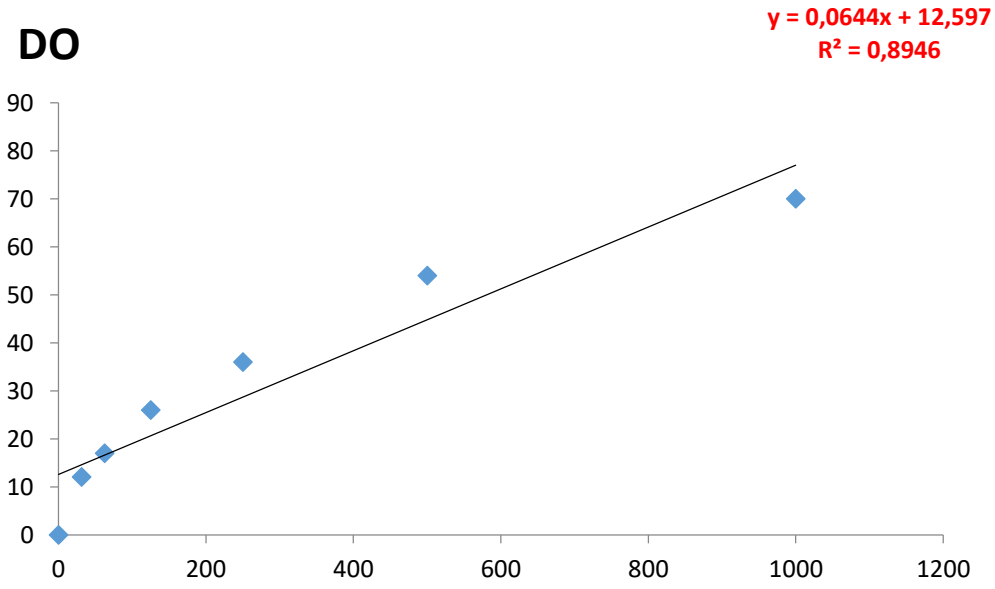


Fig. 22 Courbe de régression linéaire des PI DPPH de l'extrait éthanolique.

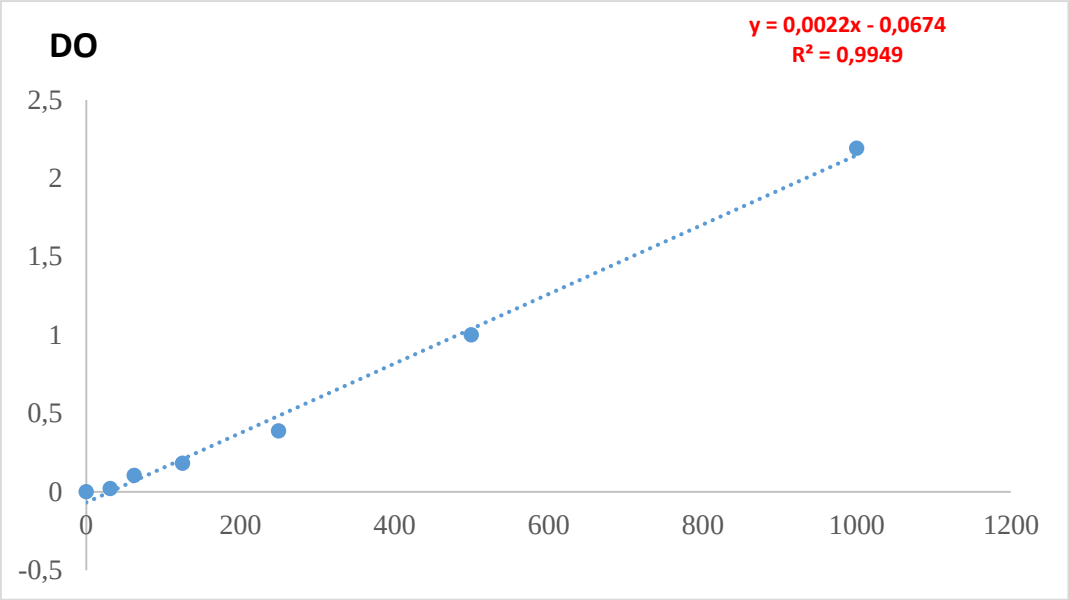


Fig. 23 Courbe de la régression linéaire de l'acide ascorbique.

Tableau VI. Capacité antioxydant total de l'extrait aqueux et éthanolique *d'Alpinia galanga.*

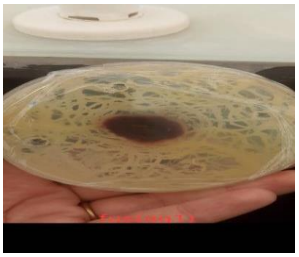
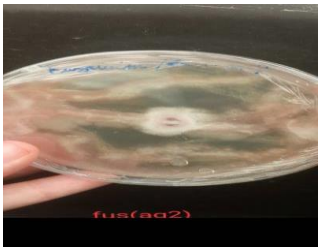
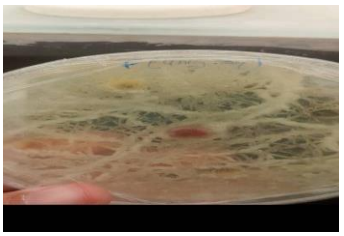
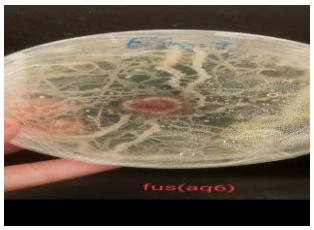
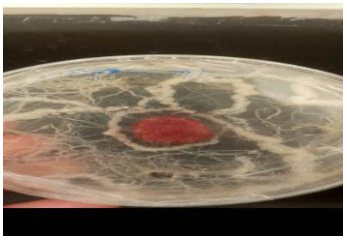
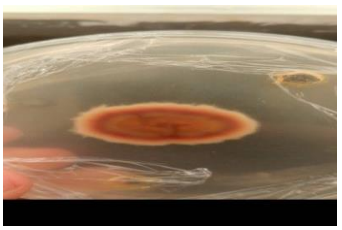
.	**TAC (mg.EAG /mg)**
Ext-Aqueux	84,12±5,68
Ext-Ethanolique	144,42±17,82***

Chaque valeur est exprimée en moyen ± ES (n=3). **Ext-aq-*Ag* :** extrait aqueux de la plante *d'Alpinia galanga* L. ***Ext-Ethol-Ag*** *: Extrait éthanoïque d'Alpinia galanga. La comparaison des moyennes est considérée comme significativement différente lorsque P<0,001.*

Ext-aq-*Ag vs Ext-Eth-Ag**

Tableau VII. Concentration Inhibitrice médiane (CI50).

	CI50 (mg.EAA/gr.MS)
Ext-Aqueux	1,68 ± 0,003
Ext-Ethanolique	0,58 ± 0.001
Acide ascorbique	0,30 ± 0,001

Extrait Aqueux		
 fus(aq1) - Control	 fus(aq2)	 fus(aq4)
 fus(aq6)	 fus(aq8)	 fus(aq10)

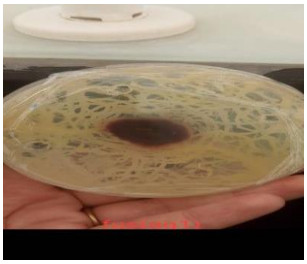
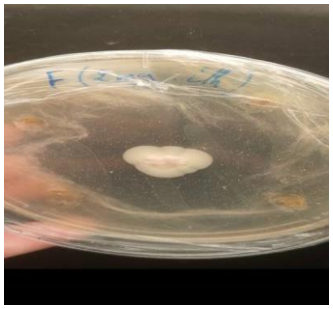
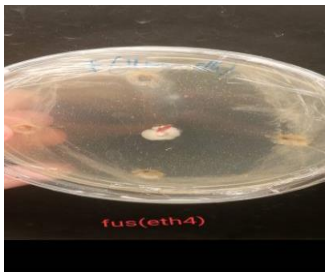
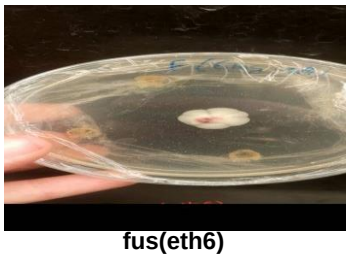
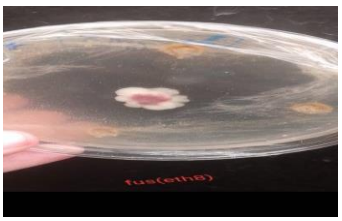
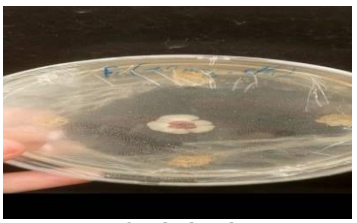
Extrait Ethanolique		
 fus(Eth0) - Control	 fus(eth2)	 fus(eth4)
 fus(eth6)	 fus(eth8)	 fus(eth10)

Fig. 24 Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Fusarium oxysporum.*

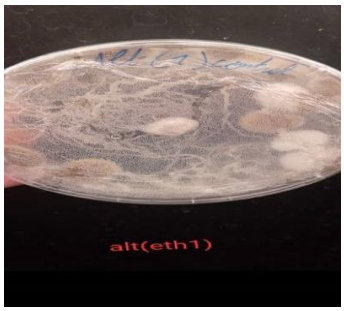
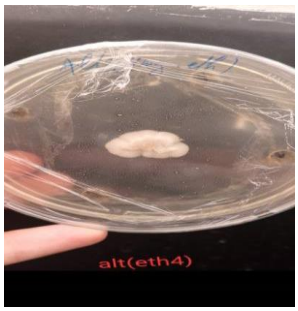
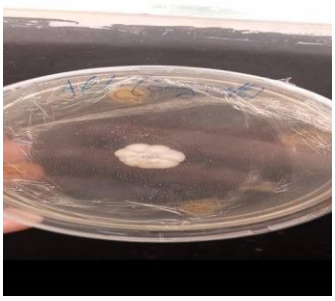
Extrait Ethanolique		
		
alt(eth1) - Control	**alt(eth2)**	**alt(eth4)**
		
alt(eth6)	**alt(eth8)**	**alt(eth10)**

Fig. 25 Effet de l'extrait aqueux et éthanolique d'*Alpinia galanga* sur la croissance radiale de *Alternaria alternata*