

Évaluation de l'activité antibactérienne des flavonoïdes de *Ballota hirsuta* Benth.

K. Kechar, B. Hellal

DANS **PHYTOTHÉRAPIE 2021/5-6 Vol. 19** , PAGES 341 À 347
ÉDITIONS **JLE**

ISSN 1624-8597

DOI 10.3166/phyto-2021-0252

Date de mise en ligne : 26/09/2024

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://stm.cairn.info/revue-phytotherapie-2021-5-page-341?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour JLE.

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](https://stm.cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

Évaluation de l'activité antibactérienne des flavonoïdes de *Ballota hirsuta* Benth.

Evaluation of the Antibacterial Activity of Extracts of *Ballota hirsuta* Benth.

K. Kechar · B. Hellal

© Lavoisier SAS 2021

Résumé Pour notre étude, nous avons obtenu quatre fractions flavonoïques à partir de l'extrait brut de feuilles de *Ballota hirsuta* Benth. La séparation des flavonoïdes par chromatographie sur couche mince révèle la présence des molécules flavonoïques en particulier dans la fraction chloroformique et l'acétate d'éthyle. Les résultats de l'HPLC montrent la présence de la naringine dans la fraction n-BuOH, de la sylibine et de la taxifoline dans la fraction d'acétate. Une forte activité inhibitrice des quatre extraits a été remarquée sur *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC 13565. En revanche, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27835 s'est révélée résistante par rapport aux autres bactéries, cela est dû à la structure de sa paroi qui lui confère cette résistance. Les concentrations minimales inhibitrices varient entre 0,25 et 2 mg/ml en fonction de l'extrait flavonoïque et de la souche microbienne.

Mots clés Activité antibactérienne · *Ballota hirsuta* Benth. · Flavonoïdes · CCM · HPLC

Abstract In the present work, four flavonoic fractions were obtained from the raw leaves extracts of *Ballota hirsuta* Benth. The separation of flavonoids by thin layer chromatography (TLC) reveals the presence of flavonoids especially in the chloroform fraction and acetate. The results of HPLC show the presence of naringine in the n-BuOH fraction, sylibine and taxifoline in the acetate fraction. A considerable inhibitory activity of the four extracts was noticed on *Escherichia coli* ATCC 25922, and *Staphylococcus aureus* ATCC 13565. However, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC

27835 has proven resistant to other bacteria, and this is due to the structure of its wall that gives it this resistance. The minimum inhibitory concentrations (MIC) vary from 0.25 to 2 mg/ml depending on the flavonoid extract and the microbial strain.

Keywords Antibacterial activity · *Ballota hirsuta* Benth. · Flavonoids · TLC · HPLC

Introduction

Les plantes de la famille des Lamiacées sont réputées actives contre une variété de micro-organismes grâce à leurs composés phénoliques [1]. C'est le cas de ballote hirsute (*Ballota hirsuta* Benth.), l'une des espèces les plus importantes dans la flore algérienne et des plus utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter nombre de pathologies. L'enquête ethnobotanique menée sur la ballote hirsute (*Ballota hirsuta* Benth.) a permis d'évaluer le potentiel curatif de différents organes [2]. L'étude de l'activité antioxydante des extraits de la ballote a montré que ces derniers possèdent une activité antiradicalaire [3] grâce aux substances actives qu'elle renferme comme les flavonoïdes. L'objectif de notre travail dans ce cas sera d'évaluer in vitro l'activité antibactérienne des extraits de ballote hirsute selon la méthode de disques.

Description de la plante

La ballote hirsute est une plante vivace, rameuse et entièrement couverte d'un duvet très court. Elle appartient à la famille des Lamiacées caractérisée par des tiges ligneuses et velues de 24 à 60 cm de hauteur. Les feuilles sont ovales ou arrondies, à fortes nervures ; les supérieures sont sessiles à dents très obtuses, tandis que les inférieures sont cordiformes ou tronquées à la base. Les fleurs sont de couleur rose ou pourpre, en glomérules denses à l'aisselle des feuilles,

K. Kechar (✉)
École supérieure en sciences biologiques d'Oran (ESSBO),
Algérie
e-mail : kechark@yahoo.fr

B. Hellal
Laboratoire de géomatique et de développement durable,
université Ibn-Khaldoun, Tiaret, Algérie

lèvre supérieure bifide [4]. La plante évolue dans un matorral à une altitude de 789 m. Le couvert végétal est une formation naturelle à base de palmier nain (*Chamaerops humilis* L.), de rue de Chalep (*Ruta chalepensis* L.) et de rue des montagnes (*Ruta montana* L.).

Matériels et méthodes

Matériel végétal

La ballote hirsute a été récoltée en juillet 2017 dans le mont de Tessala. Ce mont est situé à 15 km au nord-ouest de la ville de Sidi-Bel-Abbès (Algérie occidentale). Il fait partie de l'Atlas tellien. Son point culminant se trouve à 1 061 m. Les feuilles de la plante sont lavées à l'eau courante, ensuite séchées à température ambiante et à l'abri de la lumière afin de préserver au maximum l'intégrité de ces molécules. Ainsi, selon Bruneton [5], cette méthode de séchage ne dégrade pas les composés phénoliques. Les échantillons ont été ensuite broyés et tamisés pour obtenir une structure granulaire homogène, et conservés dans des flacons en verre pour des analyses ultérieures.

Préparation des extraits

Extraction par fractionnement

L'extraction des flavonoïdes est réalisée selon le schéma présenté par Lebreton et al. [6]. La poudre des feuilles de ballote hirsute est soumise à macération pendant une nuit à température ambiante dans un mélange hydroalcoolique méthanol/eau (7:3 v/v). L'extrait brut concentré est mélangé avec de l'eau distillée bouillante et laissé à température ambiante pendant 24 heures. Après filtration, l'extrait brut est épuisé successivement par trois solvants (l'acétate d'éthyle, le *n*-butanol et le chloroforme). La série d'extractions a permis d'obtenir : la fraction d'acétate d'éthyle (FAcOEt), la fraction du *n*-butanol (Fn-BuOH), la fraction chloroformique et la fraction aqueuse.

Calcul des rendements en extraits secs

Le rendement de la plante en extrait sec est déterminé en calculant le rapport suivant :

$$R (\%) = P1 - P2/P3 \times 100$$

P1 : poids du ballon avec l'extrait

P2 : poids du ballon vide

P3 : poids de la matière végétale de départ

Analyses chromatographiques

Analyse des extraits par la chromatographie sur couche mince

Une couche d'environ 0,25 mm de gel de silice ou d'un autre adsorbant est fixée sur une plaque d'aluminium (20 × 20 cm) à l'aide d'un liant comme le sulfate de calcium hydraté (plâtre de Paris), l'amidon ou un polymère organique. La phase mobile est constituée par un mélange de solvants organiques avec les proportions suivantes : (v/v/v : 65/15/20) [7]. La révélation aux UV a été effectuée entre 254 nm et 365 nm.

Analyse des extraits par HPLC

La colonne utilisée pour séparer les composés phénoliques est exclusivement à phase inverse. Vingt microlitre des extraits ont été injectés sur cette colonne, ce système est une haute technique de résolution chromatographique largement répandue, pour la séparation et la quantification des substances phénoliques [8].

Test antimicrobien

La mise en évidence de la sensibilité et de la résistance des agents microbiens consiste à les mettre sur un milieu de culture solide au contact direct avec des substances testées, dans le but d'apprécier leur effet antibactérien.

Souches bactériennes

Face aux problèmes de la résistance bactérienne aux antibiotiques synthétiques, beaucoup de travaux ont été menés sur le pouvoir antimicrobien des extraits naturels des plantes pour traiter les différentes maladies infectieuses comme les infections nosocomiales qui sont causées par une variété de bactéries dans le milieu hospitalier, elles constituent un problème majeur de santé publique reconnu à l'échelle mondiale. C'est pourquoi notre choix s'est porté sur les souches bactériennes de référence de type ATCC (American Type Culture Collection) : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27835, *Escherichia coli*, ATCC 25922, et *Staphylococcus aureus* ATCC 13565.

Mode opératoire de l'aromatogramme

Préparation des dilutions de différentes fractions

Les extraits secs ont été repris avec le Diméthyl sulfoxyde (DMSO). Des essais témoins sont effectués in vitro pour le DMSO pur vis-à-vis de chaque type de bactéries, ces essais n'ont enregistré aucune activité inhibitrice pour toutes les souches bactériennes. Des solutions mères de 4 mg/ml sont

diluées pour avoir une gamme de concentration de chaque extrait végétal : 3, 2 et 1 mg/ml.

Préparation de l'inoculum

Après incubation sur gélose nutritive pendant 18 à 24 heures à 37 ° C, des colonies bien isolées des souches testées sont mises en suspension dans l'eau physiologique jusqu'à une densité optique de 0,08 à 0,1 à 625 nm, soit environ 10^8 CFU/ml [9]. Des boîtes de Petrie stériles préalablement coulées par Muller-Hinton sont ensemencées par étalage à l'aide d'un râteau stérile de telle sorte que la distribution des bactéries soit homogène. À l'aide d'une pince stérile, les disques de papier Whatman n° 1 de 6 mm de diamètre, stérilisés et imprégnés de chaque concentration, sont déposés à la surface de la gélose solidifiée. Le caractère de sensibilité ou de résistance des souches bactériennes est apprécié en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après 24 heures d'incubation à 37 ° C. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque souche.

Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

La CMI est obtenue à partir de la plus petite concentration de l'extrait végétal pour laquelle on n'observe pas de pousses bactériennes. Elle est effectuée seulement sur les extraits qui se sont montrés actifs. On procédera à des dilutions à raison géométrique de 2 à partir de la solution mère de 4 mg/ml de chaque extrait flavonoïque, ces dilutions allant de 1/2 jusqu'à 1/16 pour obtenir des concentrations de 2 à 0,25 mg/ml. Une quantité de 2 ml de chaque concentration est incorporée à 18 ml de gélose fondue et coulée dans une boîte de Petrie, après le refroidissement, chaque boîte a été ensemencée avec 10 μ l de l'inoculum, la détermination de CMI est effectuée après l'incubation à 37 ° C [10].

Résultats

Rendement des flavonoïdes

Les rendements des différentes extractions sont résumés sur la figure 1. Ils sont exprimés en pourcentage par rapport à la poudre initiale. Les extraits flavonoïques obtenus présentent un aspect liquide de différentes couleurs : vert foncé, vert clair, vert jaunâtre, marron foncé ; (F Aq) représente le poids le plus élevé suivi par (Fn-BuOH), (F AcOEt) et (FCh) (Fig. 1).

Chromatographie sur couche mince

Le système de solvant a permis de séparer plusieurs constituants et de mettre en évidence d'autres composés flavonoï-

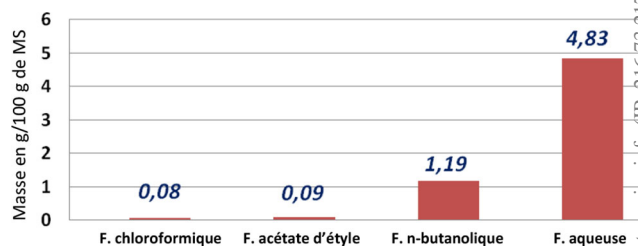


Fig. 1 Rendement des extraits selon la polarité croissante des solvants

ques où on a constaté que le nombre de taches dans la fraction d'acétate d'éthyle et dans la fraction chloroformique est de l'ordre de six. Tandis que dans la fraction butanolique et la fraction aqueuse une seule tache est apparue (Fig. 2). En comparaison avec les facteurs de rétentions (Rf) des témoins testés, nous avons pu identifier trois composés appartenant à la classe des flavonols, rutine et quercétine dans la fraction acétate et catéchine dans la fraction chloroformique.

Lecture des profils chromatographiques de HPLC

Les spectres HPLC et le temps de rétentions des standards : naringine (6,2 minutes), taxifoline (7,8 minutes) et sylibine (8,2 minutes) ont été fournis par le groupe pharmaceutique SAIDAL. La comparaison des temps de rétention des standards avec ceux enregistrés dans les spectres de la fraction acétate et *n*-butanol permet l'identification probable de certains flavonoïdes dans ces extraits.

Tests de sensibilité

Suivant le diamètre de la zone d'inhibition exprimé en millimètres autour de chaque disque, la lecture des résultats est faite comme suit [11] :

résistante (-) : diamètre \leq 8 mm ; modérément sensible (+) : diamètre compris entre 8 et 14 mm ; sensible (++) : diamètre compris entre 14 et 20 mm ; extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

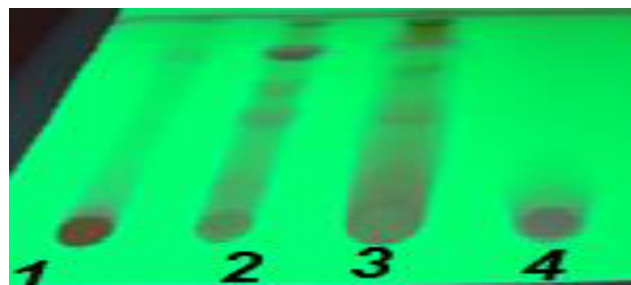


Fig. 2 CCM analytique représentative des flavonoïdes de *Balota hirsuta* 1: fraction n-BuOH ; 2 : fraction (AcOEt) ; 3 : fraction (CHCl₃) ; 4 : fraction (Aq)

Staphylococcus aureus ATCC et *Escherichia coli* ATCC s'avèrent très sensibles aux dilutions de la fraction chloroformique et la fraction n-BuOH (Fig. 3) en présentant les diamètres des zones d'inhibition les plus élevés. Cependant, les fractions aqueuse et d'acétate d'éthyle se sont révélées moins actives sur les trois souches bactériennes testées.

Pseudomonas aeruginosa ATCC présente une faible sensibilité vis-à-vis des quatre extraits, sauf que cette activité est apparue à la concentration la plus élevée de l'extrait chloroformique avec un diamètre d'inhibition (18 ± 1 mm) (Tableau 1).

Discussion

Il est difficile de comparer ces résultats avec ceux de la bibliographie, car le rendement d'extraction n'est que relatif et semble être lié aux propriétés génétiques de l'espèce utilisée, à la nature des organes pour une même espèce, à l'origine géographique, aux conditions de récolte [12,13] et aux méthodes d'extraction appliquées.

Quatorze composés ont été observés, regroupant toutes les fractions. En comparant les Rf ainsi que la coloration sous UV à ceux des standards réalisés dans les mêmes conditions opératoires, on a pu identifier la rutine et la quercétine dans la fraction acétate, la catéchine a été détectée dans la fraction chloroformique. La présence de ces deux types de flavonoïdes connus pour leurs vertus pharmacologiques [14] est probablement à l'origine des différentes activités biologiques attribuées à l'espèce étudiée. Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont déjà été publiés pour les Lamiales ; les flavanols sont identifiés dans *Satureja obovata* [15]. La quercétine, la lutéoline, l'apigénine et la catéchine ont été isolées d'*Ajuga iva* [16]. Les travaux de Ferreres et al. [17] indiquaient que 14 flavonoïdes ont été identifiés par

analyse chromatographique dans les parties aériennes de la ballote hirsute (*Ballota hirsuta* Benth.), dont huit aglycones (savigénine, kumatokenin...) et six glucosides (lutéoline-7-glucoside, quercétine-3-glucodide).

Les résultats de HPLC montrent que la fraction acétate d'éthyle referme 16 composés flavonoïques, quatre d'entre eux sont majoritaires et 12 sont minoritaires. Cependant, la fraction n-butanol contient dix composés, deux étaient majoritaires. On a pu identifier la naringine dans la fraction n-BuOH, la sylibine et la taxifoline dans la fraction acétate. Plusieurs travaux antérieurs ont confirmé que la fraction acétate s'est montrée la plus riche en différentes substances flavonoïques. Ces constatations sont en accord avec les résultats de la chromatographie sur couche mince (CCM) qui révèlent la présence de la majorité des standards testés dans la fraction acétate. Le type et la quantité de ces substances varient en fonction de la croissance et de la maturité de la plante, même les conditions écologiques doivent être prises en compte.

Les résultats de l'activité antibactérienne obtenus révèlent un pouvoir inhibiteur considérable de la fraction n-BuOH et chloroformique vis-à-vis des souches testées. Cependant, l'extrait acétate s'est montré faible. Il a été rapporté par Četković et al. [18] que l'extrait d'acétate d'éthyle de *Satureja montana* présente une bonne activité contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* par rapport à l'extrait n-butanol, ce qui n'était pas le cas pour nos extraits. Les différences trouvées peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la nature du composé, la membrane de la souche testée, la saison de prélèvement, le solvant utilisé pour l'extraction et les endroits où l'espèce pousse. Néanmoins, la méthode utilisée pour l'évaluation de l'activité antibactérienne, la méthode de diffusion à partir des puits sur gélose ou la méthode de diffusion en milieu gélosé, influe aussi sur les résultats [19]. Généralement, toutes les

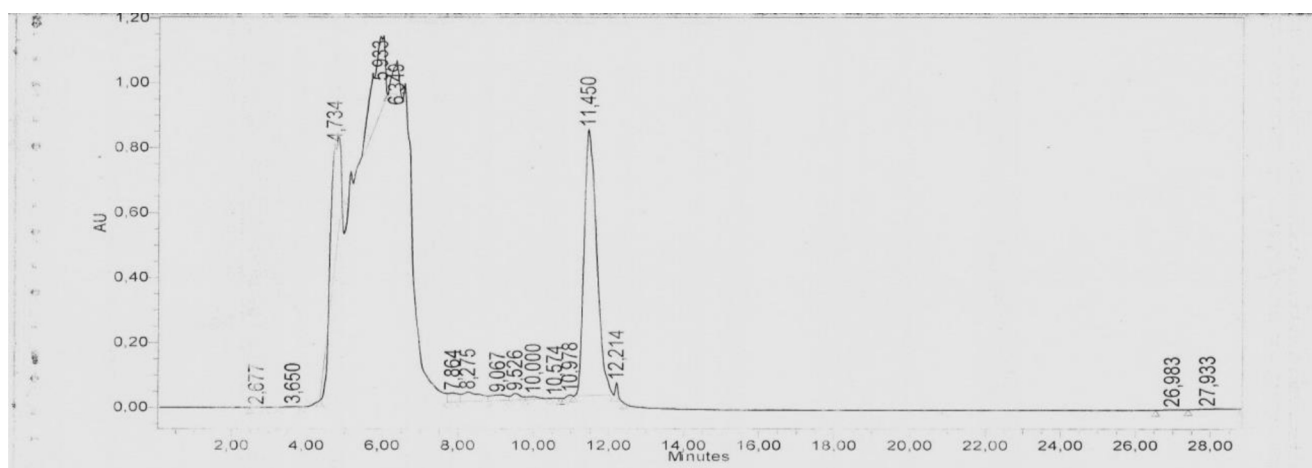


Fig. 3 Le spectre HPLC de l'extrait acétate d'éthyle des feuilles de *Ballota hirsuta* Benth

Tableau 1 Résultats de l'activité antibactérienne							
		Souches bactériennes					
Fraction obtenue	Concentration	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		Ø d'inhibition en mm ± écart-type	Sensibilité	Ø d'inhibition en mm ± écart-type	Sensibilité	Ø d'inhibition en mm ± écart-type	Sensibilité
F-AcOEt	4 mg/ml	19,6 ± 1,5	++	18,3 ± 0,5	++	10,6 ± 2	+
	3 mg/ml	17,6 ± 0,5	++	14,6 ± 1,1	++	8,6 ± 1,5	+
	2 mg/ml	13 ± 1	+	11,3 ± 0,5	+	6 ± 1	-
	1 mg/ml	9 ± 1	-	8 ± 1	+	0	-
		7,3 ± 1,5	-	7,3 ± 0,5	-	0	-
		CMI = 0,5 mg/ml		CMI = 0,5 mg/ml			
F-n-BuOH	4 mg/ml	28 ± 2	+++	30,6 ± 1,1	+++	15 ± 1	++
	3 mg/ml	20,6 ± 2	++	28 ± 1,7	+++	12 ± 1	+
	2 mg/ml	15,3 ± 1,5	++	17,6 ± 2	++	7,6 ± 0,5	-
	1 mg/ml	8,3 ± 2,5	-	10,6 ± 1,1	+	0	-
		6 ± 1	-	7,3 ± 0,5	-	0	-
		CMI = 1 mg/ml		CMI = 0,5 mg/ml			
F-Aq	4 mg/ml	19 ± 2,6	++	15 ± 1	++	13 ± 1,7	+
	3 mg/ml	12,3 ± 0,5	+	13,6 ± 1,1	+	8,3 ± 2,5	-
	2 mg/ml	7,6 ± 1,1	-	8	-	0	-
	1 mg/ml	0	-	0	-	0	-
		0	-	0	-	0	-
		CMI = 2 mg/ml					
F-Ch	4 mg/ml	34,6 ± 1,1	+++	31,6 ± 1,5	+++	18 ± 1	++
	3 mg/ml	22,6 ± 2	+++	20,6 ± 1,1	++	15,3 ± 1,5	++
	2 mg/ml	15 ± 1	+	15,3 ± 1,5	++	10 ± 1	+
	1 mg/ml	8,6 ± 2	-	12,6 ± 1,1	+	6,6 ± 1,5	-
		6 ± 1	-	11,3 ± 1,1	+	0	-
		CMI = 1 mg/ml		CMI = 0,25 mg/ml		CMI = 2 mg/ml	

plantes de la famille des Lamiacées sont connues actives contre une variété de micro-organismes pour leurs composés phénoliques [20].

Ces résultats apportent des éléments de validation scientifique de l'usage traditionnel des plantes médicinales, en particulier *Ballota hirsuta*. Les informations reçues auprès des enquêtés de la préfecture de Sidi-Bel-Abbès de l'Algérie occidentale révèlent que les extraits de la ballote hirsute sont utilisés par les hommes et les femmes comme désinfectant contre certains germes bactériens [2]. L'utilisation abondante des feuilles sous diverses formes est à mettre en parallèle avec l'abondance des familles chimiques présentes dans cet organe. Les résultats sont en concordance avec plusieurs travaux montrant que la famille la plus représentée dans les observations d'ethnopharmacomédecine est celle des Lamiacées [21].

Cowan [22] supposait que les flavonoïdes dépourvus des groupements hydroxyles libres ont plus d'activité antimicrobienne par rapport à ceux qui en sont pourvus, ce qui conduit

à une augmentation de leur affinité chimique aux lipides membranaires. On peut donc supposer que la cible microbienne de ces extraits est la membrane cytoplasmique. La présence de composés actifs dans les différentes fractions obtenues pourrait leur conférer cette activité inhibitrice, les alcools possèdent une activité microbicide plutôt que microbiostatique [23]. Selon Burt [24], il est très probable que leur activité ne soit pas attribuée à un seul mécanisme d'action spécifique, mais à plusieurs agissant simultanément. L'activité antibactérienne des flavonoïdes peut être expliquée aussi par le mécanisme de toxicité vis-à-vis des micro-organismes qui se fait par des interactions non spécifiques telles que l'établissement des ponts hydrogènes avec les protéines des parois cellulaires ou les enzymes, la chélation des ions métalliques, l'inhibition du métabolisme bactérien, la séquestration de substances nécessaires à la croissance des bactéries [25]. Certaines études ont montré que l'activité (antimicrobienne, antivirale, insecticide, larvicide et ovicide) des substances naturelles est supérieure à celle de leurs

composés majoritaires testés séparément, les composés minoritaires ont un rôle déterminant dans l'activité microbienne, ils pourraient avoir un effet synergétique avec les composés majoritaires [24]. Selon Lamarti et al [26], il existe une synergie entre le carvacrol et son précurseur biologique, le *p*-cymène (molécules terpéniques) : la présence de *p*-cymène permet au carvacrol de pénétrer plus facilement dans la cellule de la souche bactérienne. Plusieurs travaux ont mis en évidence la grande sensibilité des bactéries à Gram positif par rapport aux Gram négatif [27]. Cela peut être attribué à la différence dans les couches externes des bactéries à Gram négatif et à Gram positif. Les bactéries à Gram négatif, indépendamment de la membrane des cellules, possèdent une couche additionnelle (la membrane externe) qui inhibe la diffusion de certaines molécules actives. *Pseudomonas aeruginosa* présente une résistance contre les quatre extraits par rapport aux autres souches, car elle est naturellement résistante aux nombreux antibiotiques et aux substances actives. Cette multirésistance est la conséquence de l'action conjuguée de

trois phénomènes : faible perméabilité de la membrane externe de sa paroi qui est constituée de phospholipides et des lipopolysaccharides, faible affinité pour les cibles des antibiotiques et production naturelle d'une céphalosporinase chromosomique inductible [28].

Conclusion

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'évaluation du potentiel antimicrobien des extraits flavonoïques des feuilles de *Ballota hirsuta* Benth., plante de la famille des Lamiacées.

Les résultats de CCM ont montré que l'extrait de l'acétate d'éthyle et chloroformique referme un nombre important de composés flavonoïques qui pourraient être responsables de l'activité biologique de cette espèce. L'analyse chromatographique de l'HPLC (Figs 3,4) a permis d'apporter un complément sur le profil phytochimique des fractions obtenues. En

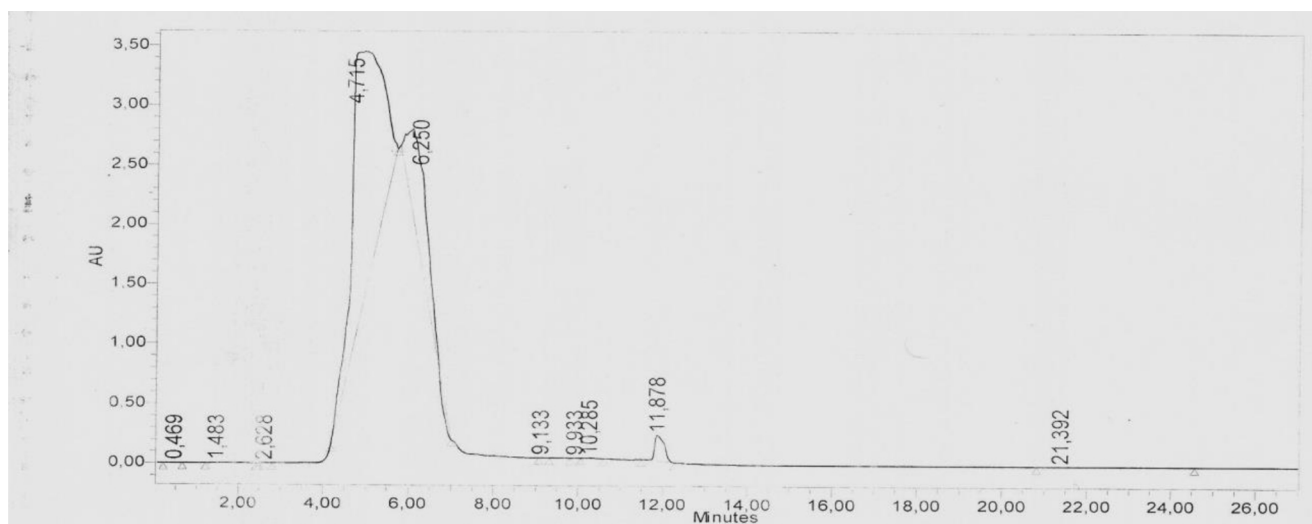


Fig. 4 Le spectre HPLC de l'extrait acétate d'éthyle des feuilles de *Ballota hirsuta* Benth

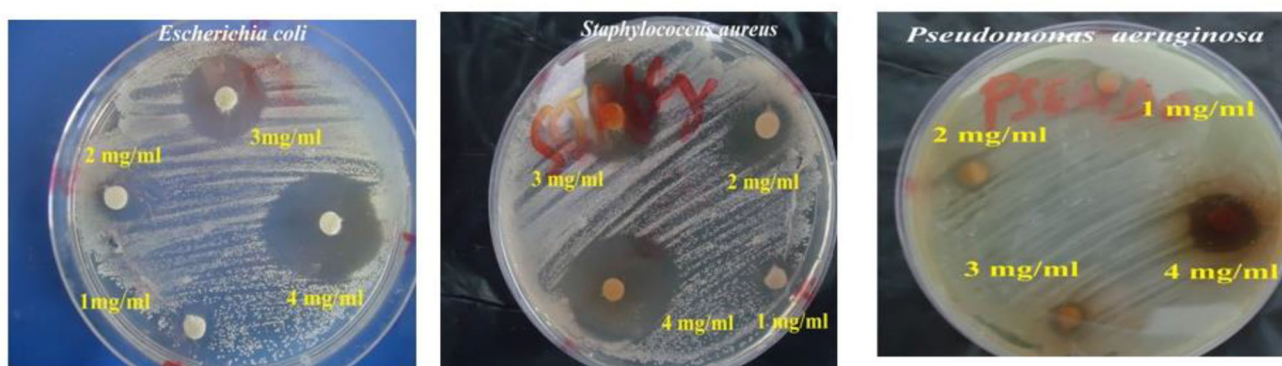


Fig. 5 Effets inhibiteurs de la fraction chloroformique vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, de *Pseudomonas aeruginosa* et d'*Escherichia coli*

effet, les tests antibactériens des extraits réalisés *in vitro* par la méthode de diffusion sur gélose Mueller-Hinton sur trois souches (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) ont montré que l'extrait de l'acétate d'éthyle a manifesté une activité inhibitrice modérée (Fig. 5). En revanche, l'extrait chloroformique et *n*-butanol ont présenté une bonne activité vis-à-vis des trois bactéries testées. Ces effets varient en fonction du type d'extrait flavonoïque et de ses concentrations et même de la nature bactérienne.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- Sarac N, Ugur A (2007) Antimicrobial activity and usage in folkloric medicine of some Lamiaceae species growing in Mugla, Turkey. *Eur Asian J Biosci* 4:28–37
- Kechar K, Hellal B (2015) Enquête ethnobotanique sur la *Ballota hirsuta* Benth. à Sidi-Bel-Abbès (Algérie) *Phytothérapie* 14:343–8
- Kechar K, Hellal B (2017) Évaluation de l'activité antioxydante des extraits de *Ballota hirsuta* Benth. du Tessala (Algérie occidentale) *Phytothérapie* 15:217–21
- Quézel P, Santa S (1963) Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méditerranéennes. Centre national de la recherche scientifique, Paris, France Tome II, pp 19–23
- Bruneton J (1999) Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3^e éd.). Éditions médicales internationales. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris
- Lebreton P, Jay M, Voirin B (1967) Sur l'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes. *Chim Anal Fr* 49:375–83
- Males Z, Medic-Saric M (2001) Optimization of TLC analysis of flavonoids and phenolic acids of *Helleborus atrorubens* Waldst. Et Kit. *J Pharma Biomed Anal* 24:353–9
- Athamena S, Chalghem I, Kassah-Laouar A, et al (2010) Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Leban Sci J* 1:1
- Cavallo J, Chardon H, Chidiac C, et al (2012) Comité de l'antibiogramme de la Société française de microbiologie, Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor (Edition de Janvier)
- Gulluce M, Aslan A, Sokmen M, et al (2006) Screening the antioxidant and antimicrobial properties of the lichens *Parmelia saxatilis*, *Platismatia glauca*, *Ramalina pollinaria*, *Ramalina polymorpha* and *Umbilicaria nylanderiana*. *Phytomedicine* 13: 515–21
- Soussy C, Sirot J, Chanal M (1986) Activité antibactérienne *in vitro* des Olactamines. *Med Mal Infect II bis*:666–73
- Djabou N, Lorenzi V, Guinoiseau E, et al. (2013) Phytochemical composition of Corsican *Teucrium* essential oils and antibacterial activity against foodborne or toxigenic pathogens. *Food Control* 30:354–63
- Lin J, Weng M (2006) Flavonoids as nutraceuticals. In: Grotwold E (ed) *The science of flavonoids*. Springer, Columbus, Ohio 213–39
- Narayana K, Reddy M, Chaluvadi M, Krishina D (2001) Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian J Pharmacol* 33:2–16
- Francisco A, Tomas N, Syed Z, Maria I (1988) The distribution of methylated flavones in the Lamiaceae. *Biochem System Ecol* 16:43–6
- El-Hialy J, Lyoussi B, Wibo M, Morel N (2004) Vasorelaxant effect of the aqueous extract of *Ajuga iva* in rat aorta. *J Ethnopharmacol* 93:69–74
- Ferreres F, Tomas-Barberana FA, Tomas-Lorente F (1986) Flavonoid compound from *Ballota hirsuta* *J Nat Prod* 49:554–5
- Četković GS, Čanadanović-Brunet JM, Djilas S (2007) Antioxidant potential, lipid peroxidation inhibition and antimicrobial activities of *Satureja montana* L. subsp. *Kitaibelii* extracts. *Int J Mol Sci* 8:1013–27
- Nataraja D, John S, Srinivasan K, et al (2005) Anti-bacterial activity of *Euphorbia fusiformis*-A rare medicinal herb. *J Ethnopharmacol* 102:123–6
- Gortzi O, Lalas S, Chinou I (2007) Evaluation of the antimicrobial and antioxidant activities of *Origanum dictamnus* extracts before and after encapsulation in Liposomes. *Molecules* 12:932–45
- Mehdioui R (2007) Étude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la commune d'Imin' Tlit (province d'Essaouira). *Bull Inst Sci* 29:11–20
- Cowan M (1999) Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microbiol Rev* 12:564–70
- Carson C, Mee B, Riley T (2000) Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob Agents Chemoth* 46:1914–20
- Burt S (2004) Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *Int J Food Microbiol* 94:223–53
- Karou D, Dicko M, Simpore J, et al (2005) Activités antioxydantes et antibactériennes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la pharmacopée traditionnelle du Burkina Faso. Maîtrise des procédés en vue d'améliorer la qualité des aliments, utilisation des OGM, analyse des risques en agroalimentaire. Ouagadougou 8–11
- Lamarti A, Badoc A, Deffieux G, et al (1994) Biogenèse des monoterpènes. *Bull Soc Pharm Bordeaux* 133:69–118
- Kone W, Atindehou KK, Terreaux C, et al (2004) Traditional medicine in North Côte-d'Ivoire: screening of 50 medicinal plants for antibacterial activity. *J Ethnopharmacol* 93:43–49
- Alouf J, Montagnier L, Eyquem A (2003) *Traité de microbiologie clinique*. 3^{ème} Ed. Piccin. Italie