

## Potentiel allélopathique du figuier de barbarie « *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill » sur la germination et la croissance du jujubier « *Ziziphus lotus* (L.) Desf. »

### [ Allelopathic potential of Barbary fig « *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill » on the germination and growth of wild jujube « *Ziziphus lotus* (L.) Desf. » ]

N. Rsaissi<sup>1</sup>, M. Bouhache<sup>2</sup>, and B. Bencharki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Agroalimentaire et Santé,  
Université Hassan I, 26000 Settat, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Malherbologie,  
IAV Hassan II, 10000 Rabat, Maroc

Copyright © 2013 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Phytoecological observations made in agro-ecosystems in the Chaouia region revealed that the tufts of wild jujube "*Ziziphus lotus* (L.) Desf. " enclaved in the hedges of Barbary fig "*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill." slow their biological activity and their growth and ends by being eliminated completely. The hypothesis that put into play the phenomenon of allelopathy as a mechanism of interference between the two species has been verified in this study. Thus, bioassays were conducted in vitro in the laboratory in order to test the effects of aqueous and hydro-ethanolic extracts of aerial and belowground parts of Barbary fig on seed germination and seedling growth of wild jujube. A dosage of total phenols by Folin-Ciocalteu reagent and a subsequent identification of these phenols compounds have been made. The results showed that these phenols are present in both stems and roots of Barbary fig, with varying concentrations (6.91 to 42.75 mg EAG/g of dry weight) according organ of the plant and the solvent used in the extraction. Very significant inhibitory effects up to 100% were observed on the kinetics and the final rate of jujube seed germination as well as its growth. These results allowed us to infer the existence of a strong correlation between allelopathic effects of Barbary fig on jujube and the concentration of total phenols content in different parts of this species of cactus.

**KEYWORDS:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, allelopathy, *Ziziphus lotus* (L.) Desf, phenols, germination, growth.

**RESUME:** Les observations phytoécologiques effectuées dans les agro-écosystèmes de la région de la Chaouia ont permis de constater que les touffes du jujubier « *Ziziphus lotus* (L.) Desf. » enclavées dans les haies au figuier de barbarie « *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. » ralentissent leur activité biologique et leur croissance et finissent par être éliminées définitivement. L'hypothèse de mise en jeu du phénomène d'allélopathie comme mécanisme d'interférence entre les deux espèces a été vérifié dans cette étude. Ainsi, des essais biologiques ont été conduits in vitro au laboratoire dans le but de tester les effets des extraits aqueux et hydro-éthanoliques des parties aérienne et souterraine du figuier de barbarie sur la germination des graines et la croissance des plantules du jujubier. Un dosage des phénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu et l'identification de ces composés phénoliques ont été effectués. Les résultats obtenus ont montré que ces phénols sont présents dans les raquettes et les racines du figuier de barbarie, avec des concentrations variantes (6,91 à 42,75 mg EAG/g matière sèche) selon l'organe de cette plante et le solvant utilisé dans l'extraction. Des effets inhibiteurs très significatifs allant jusqu'à 100% ont été observés sur la cinétique et le taux de germination des grains du jujubier ainsi que sur sa croissance. Ces résultats nous a permis de déduire l'existence d'une forte corrélation entre les différents effets allélopathiques du figuier de barbarie observés sur le jujubier et la concentration en phénols totaux contenus dans les différentes parties de cette espèce de cactus.

**MOTS-CLEFS:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, allélopathie, *Ziziphus lotus* (L.) Desf, phénols, germination, croissance.

## 1 INTRODUCTION

Au Maroc, le jujubier (*Ziziphus lotus* (L.) Desf.) appelé communément sedra est une espèce présente dans plusieurs biotopes des régions aride et semi-aride. Sa répartition géographique dans la région de Chaouia a montré que cet arbuste est présent dans 48 % des communes et s'étale sur une superficie totale de 113 434 ha, soit 11 % de la superficie totale de la Chaouia. Il se comporte comme adventice dans plusieurs cultures, notamment les céréales d'hiver et de printemps, les légumineuses alimentaires et les cultures maraîchères et envahie les terrains de parcours [1]. Plusieurs opérations d'éradication chimique, à base des herbicides contenant le glyphosate, de cette espèce ont été lancées par la Direction Provinciale d'Agriculture dans les zones touchées de la Chaouia. Cependant, le contrôle chimique total de cet arbuste était une tâche très difficile avec ces produits. Ainsi, il est impératif d'améliorer et/ou maîtriser les conditions d'application de ce genre d'herbicides ou de chercher d'autres méthodes alternatives pour contrôler efficacement cet arbuste adventice.

Les touffes du jujubier, enclavées dans les haies au figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), ralentissent leur activité biologique et croissance et pourraient avec le temps être éliminées définitivement par étouffement. Ce phénomène suppose une implication des composés allélochimiques libérés par ce figuier dans son entourage. L'allélopathie est définie comme l'ensemble des phénomènes qui sont dus à l'émission ou à la libération de substances organiques par divers organes végétaux, vivants ou morts et qui s'expriment par l'inhibition de la croissance des plantes se développant au voisinage de ces espèces ou leur succédant sur le même terrain [2]. Les substances allélopathiques peuvent être émises par volatilisation [3], notamment pour les plantes des régions arides; par lessivage des parties aériennes, par décomposition des résidus et par exsudats racinaires [4]-[5]. Beaucoup de travaux de recherche récents, munis dans plusieurs pays du monde, ont identifié un certain nombre d'espèces qui ont des effets allélopathiques contre d'autres plantes à savoir: *Salvia syriaca* et *Cardia draba*[6], *Dodonaea viscosa* [7], *Lactuca sativa* [8], *Azadirachta indica* [9], *Cassia angustifolia* [10] et *Helianthus annuus* [11]. Quant au Maroc, les espèces suivantes ont des effets allélopathiques sur d'autres plantes: *Medicago sativa* [12]-[13], *Oxalis pes-caprea* [14], et *Verbesina encelioides* [15].

Le but de cette étude est de vérifier l'hypothèse des phénomènes allélopathiques chez le figuier de barbarie sur le jujubier et d'analyser et identifier les composés chimiques mis en jeux.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

- Echantillons du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.):

Les raquettes et les racines du figuier de barbarie variété Aissa inerme ont été prélevées à partir d'un champ situé à Ouled Ghaname, commune rurale de Mzamza Gharbia, province de Settat (Maroc). Ces échantillons ont été mis dans des sachets en plastique et placés immédiatement dans une glacière. Ramenés au laboratoire, ces échantillons ont été ensuite rincés et séchés avec du papier buvard et mis dans un réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

- Echantillons de grains du jujubier (*Ziziphus lotus* (L.) Desf.):

Les échantillons de grains ont été extraits des fruits récoltés des arbustes du jujubier en pleine production dans la zone d'El Brouj, province de Settat. Ces grains ont été conservés dans des tubes bien fermés avec des couvercles absorbant de l'humidité.

### 2.2 PRÉPARATION DES EXTRAITS

Une quantité de 200 g de chaque partie fraîche des échantillons de racines et raquettes du figuier de barbarie a été lavé avec de l'eau potable, puis avec une solution de l'hypochlorite de sodium à 10% et nettoyée avec de l'eau distillée. Chaque échantillon a été découpé en petits morceaux et partagé en deux lots. Le premier lot a été utilisé directement à l'état frais. Les morceaux du second lot ont été coupés en tranches fines et séchés dans une étuve à une température de 50°C pendant 72 heures, puis broyés à l'aide d'un broyeur (type Gulatti MFC) qui tourne à vitesse de 1000 tr/min et équipé d'un tamis de maille de 0,85 mm (80 mesh).

Les différents échantillons ont été macérés séparément sous agitation dans l'eau distillée ou dans une solution hydro-éthanolique (éthanol-eau; v/v) à raison de 50 g/200 ml pour les échantillons de la matière fraîche et 5 g/200 ml pour les échantillons de la matière sèche. Après 48 heures, les macérats ont été filtrés au moyen d'un tamis de 0,75 mm. Les homogénats obtenus ont été ensuite centrifugés à 12000 g pendant 20 min à une température de 4°C. Les surnageants des

extraits hydro-éthanoliques ainsi récupérés ont été évaporés à une température de 40°C à l'aide d'un évaporateur rotatif pour éliminer l'éthanol. Les extraits ainsi obtenus ont été conservés à -4°C jusqu'à leur utilisation.

### 2.3 MISE EN GERMINATION DES GRAINS DU JUJUBIER

Les grains du jujubier ont été désinfectés par trempage pendant 2 min dans une solution d'un fongicide à base de difénoconazole (3mg/10 ml). Après désinfection, ces grains ont été placés dans des tubes à essais (2 grains/tube) contenant un milieu gélosé préparé avec les différents extraits du figuier de barbarie à raison de 12 g d'agar/l d'extrait et stérilisés à 120°C /20 min. Le témoin a été préparé avec l'eau distillée. Trois répétitions ont été utilisées à raison de 5 tubes/répétition. Les tubes à essais ont été ensuite incubés pendant 22 jours à une température de 30°C.

### 2.4 OBSERVATIONS ET MESURES

Les observations et mesures ont été portées sur la cinétique et le taux de germination des grains et la croissance des plantules (hauteur des tiges, longueur des racines et le poids des matières fraîche et sèche) du jujubier. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition selon les formules suivantes:

$$\% \text{ d'inhibition de la germination} = ((G-g)/G) \times 100$$

avec G: germination dans le témoin (eau distillée); g: germination dans les différents extraits

$$\% \text{ d'inhibition de la croissance} = ((H-h)/H) \times 100$$

avec H: hauteur des tiges ou longueur des racines dans le témoin (eau distillée); h: hauteur des tiges ou longueur des racines dans les différents extraits

$$\% \text{ réduction de la matière fraîche ou sèche} = ((M-m)/M) \times 100$$

avec M: poids de la matière (fraîche ou sèche) dans le témoin (eau distillée); m: poids de la matière (fraîche ou sèche) dans les différents extraits.

L'évaluation de l'effet allélopathique de différents traitements (extraits du figuier de barbarie) sur le jujubier est jugée selon l'échelle de la commission des Essais Biologiques de la Société Française de Phytologie et de Phytopharmacie:

95 à 100% = très bonne effet

80 à 95% = bonne effet

60 à 80% = effet moyen

40 à 60% = effet faible

< à 40%= effet sans intérêt pratique.

### 2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse de la variance. Les pourcentages ont été transformés en Arcsin de la racine carré avant analyse. La comparaison des moyennes a été faite avec le test de Tukey (HSD) à la probabilité de 5%. Le logiciel statistique utilisé est le STATISTIX. Version 9.0

### 2.6 ANALYSE DES SUBSTANCES ALLÉLOPATHIQUES

#### 2.6.1 DOSAGE DES PHÉNOLS TOTAUX

La quantification des composés phénoliques totaux a été faite avec la méthode Folin-Ciocalteu [16]-[17], [18]. Pour doser les acides phénoliques, 1 ml du réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois dans l'eau distillée a été ajouté à 1ml de chaque extrait. Après 4 min, 8 ml d'une solution de carbonate du sodium (75g/l) sont ajoutés. Après agitation et 2h d'incubation à l'abri de la lumière, l'absorbance a été mesurée avec un spectrophotomètre UV à la longueur de 765 nm. Les teneurs en phénols totaux sont calculées à partir de l'équation de régression linéaire ( $y=0.003x+0.08$  avec  $r^2=0.998$ ) établie avec des gammes d'étalonnage d'acide gallique (0-200 mg/l) et sont exprimées en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (mg EAG/g).

### 2.6.2 IDENTIFICATION DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES PAR CCM

Les extraits hydro-éthanoliques des racines et raquettes sèches contenant les concentrations les plus élevées des acides phénoliques ont été sujets à l'analyse qualitatif par Chromatographie sur couche mince (CCM) sur plaques recouvertes avec un gel de silice 60 (G60, 250 µm). Des échantillons de 2 µl de chaque extrait ont été injectés à 2,5 cm de la base de la plaque. La plaque a été développée dans une cuve en verre avec un solvant constitué de chloroforme-méthanol-eau (20-5-0,5). Le temps de migration était environ 1h 15 min. Après séparation, la plaque a été desséchée sous la haute à l'aide d'un séchoir. Les chromatogrammes ont été visualisés dans une chambre noire sous la lumière ultra-violetée de 254 et 365 nm [19].

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 EFFETS DES EXTRAITS DU FIGUIER DE BARBARIE SUR LA GERMINATION DU JUJUBIER

Les différents extraits d'*Opuntia ficus-indica (L.) Mill.*, quelque soit leur partie d'origine et leur état (frais ou sec), ralentissent la cinétique de germination des grains du *Ziziphus lotus (L.) Desf* (Fig. 1 et 2) et diminuent significativement le taux de germination final (Tableau 1).

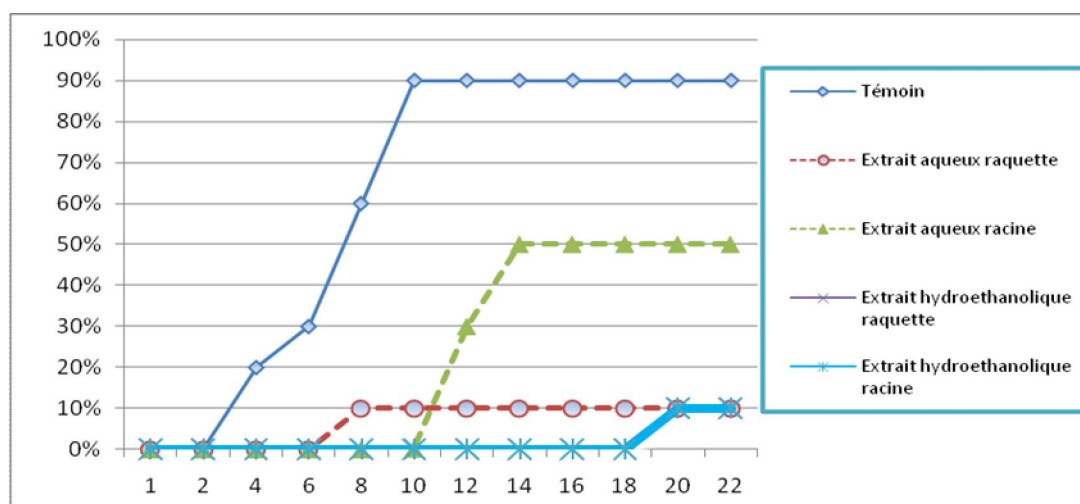


Fig. 1. Effet des extraits d'*Opuntia ficus- indica (L.) Mill* frais sur la cinétique de germination du *Ziziphus lotus (L.) Desf*

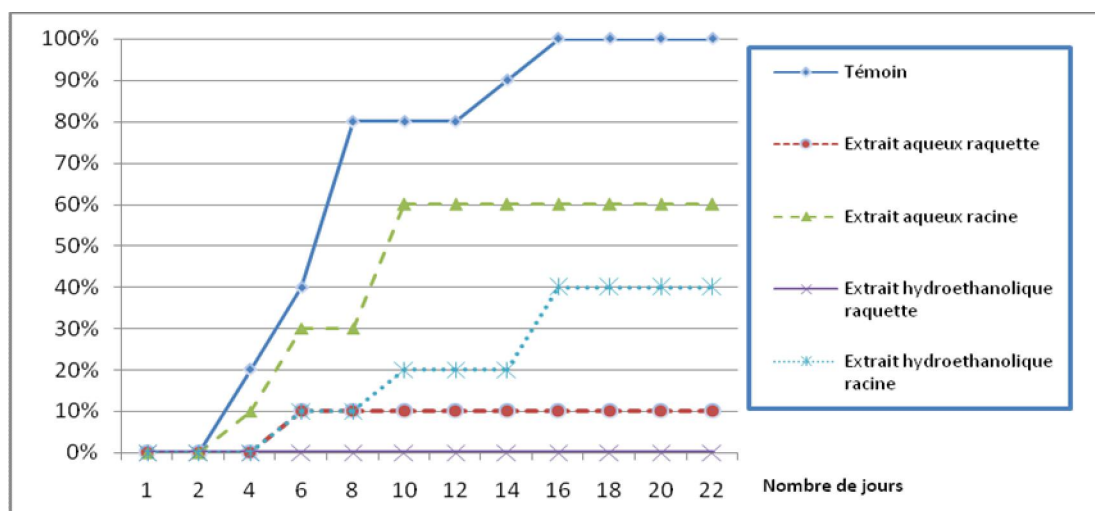


Fig. 2. Effet des extraits d'*Opuntia ficus- indica (L.) Mill* sèche sur la cinétique de germination du *Ziziphus lotus (L.) Desf*

Tableau 1. Effet des extraits d'*Opuntia ficus- indica* (L.) Mill sur le taux de germination du *Ziziphus lotus* (L.) Desf

Traitement	Effet des extraits du figuier de barbarie fraîche		Effet des extraits du figuier de barbarie sèche	
	Taux de germination	% d'inhibition	Taux de germination	% d'inhibition
Témoin (Eau distillée)	90% a	-	100% a	-
Extrait aqueux racine	50% b	44%	60% b	40%
Extrait aqueux raquette	10% c	89%	20% d	80%
Extrait hydro-ethanolique racine	10% c	89%	40% c	60%
Extrait hydro-ethanolique raquette	10% c	89%	0% e	100%

Dans une même colonne les chiffres suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Tukey HSD ( $P \leq 5\%$ ).

Ce sont les extraits de la raquette qui induisent les effets inhibiteurs les plus élevés, avec des taux d'inhibition de 80% à 100%. A l'exception de l'extrait hydro-ethanolique de la racine fraîche qui a montré un bon effet (89%), les effets inhibiteurs de la germination des grains du jujubier des autres extraits de cette partie du figuier de barbarie, quelque soit son état, étaient moyens (40 à 60%).

Des effets inhibiteurs des extraits d'*Acacia melanoxylon* [20], de *Rottboellia cochinchinensis* [21], de *Cassia angustifolia* [10] et de *Ginkgo biloba* [22] de la germination d'autres espèces végétales similaires ont été rapportés par plusieurs chercheurs. Aussi, la culture de la luzerne aurait la capacité naturelle d'inhiber la germination de certaines adventices [23].

### 3.2 EFFETS DES EXTRAITS DU FIGUIER DE BARBARIE SUR LA CROISSANCE DES PLANTULES DU JUJUBIER

Après 22 jours d'incubation, l'effet inhibiteur de tous les extraits du figuier de barbarie sur la longueur des racines des plantules du jujubier est très significatif (Tableau 2 et 3). Sur la longueur des racines, à l'exception de l'extrait aqueux des racines séchées qui a montré un effet bon (89%), tous les autres extraits des deux parties utilisées fraîches ou sèches ont montré un très bon effet (supérieur 96%). Sur la hauteur des tiges, cette inhibition était bonne (93%) à très bonne (supérieure à 98%) respectivement pour l'extrait aqueux de la racine fraîche et les autres extraits des deux parties fraîches. Alors, que les extraits du figuier de barbarie séché, les effets inhibiteurs étaient moyens (74 à 80%) pour les extraits de la racine et bonne (94%) à très bonne (100%) respectivement pour les extraits aqueux et hydro-méthanolique de la raquette.

Tableau 2. Effet des extraits d'*Opuntia ficus- indica* (L.) Mill. frais sur la croissance des plantules du *Ziziphus lotus* (L.) Desf

Traitement	Effet sur Longueur des racines		Effet sur Hauteur des tiges		Effet sur la matière fraîche		Effet sur la matière sèche	
	cm	% d'inhibition	cm	% d'inhibition	Poids (mg)	% réduction	Poids (mg)	% réduction
Témoin (eau distillée)	7,04 a	-	3,38 a	-	153,33 a	-	15,20 a	-
Extrait aqueux raquette	0,06 b	99%	0,06 b	98%	2,06 d	99%	1,29 c	94%
Extrait aqueux racine	0,15 b	98%	0,24 b	93%	28,00 b	82%	6,76 b	55%
Extrait hydroethanolique raquette	0,00 b	100%	0,00 b	100%	0,00 e	100%	0,00 d	100%
Extrait hydroethanolique racine	0,06 b	99%	0,07 b	98%	16,00 c	90%	1,83 c	88%

Dans une même colonne les chiffres suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Tukey HSD ( $P \leq 5\%$ ).

Tableau 3. Effet des extraits d'*Opuntia ficus indica* (L.) Mill séchée sur la croissance des plantules du *Ziziphus lotus* (L.) Desf.

Traitement	Effet sur Longueur des racines		Effet sur Hauteur des tiges		Effet sur la matière fraîche		Effet sur la matière sèche	
	cm	% d'inhibition	cm	% d'inhibition	Poids (mg)	% réduction	Poids (mg)	% réduction
Témoin (eau distillée)	12,14 a		3,40 a		152,00 a		18,00 a	
Extrait aqueux raquette	0,33 c	97%	0,23 d	94%	8,70 d	94%	1,70 d	91%
Extrait aqueux racine	1,38 b	89%	0,93 b	74%	75,33 b	50%	12,33 b	30%
Extrait hydroethanolique raquette	0,00 c	100%	0,00 e	100%	0,00 e	100%	0,00 e	100%
Extrait hydroethanolique racine	0,43 c	96%	0,72 c	80%	24,00 c	84%	6,40 c	64%

Dans une même colonne les chiffres suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Tukey HSD ( $P \leq 5\%$ ).

De même, l'effet inhibiteur de différents extraits du figuier de barbarie sur la croissance du jujubier était très significatif en termes de la matière fraîche et sèche.

Pour les extraits des parties fraîches: la réduction en matière fraîche était bonne (82 à 90%) pour l'extrait de la racine et très bonne (99 à 100%) pour les extraits de la raquette, alors que cette réduction en matière sèche était faible (55%) à bonne (88%), respectivement, pour l'extrait aqueux et l'extrait hydroethanolique de la racine et bonne (94%) à très bonne (100%) pour les extraits de la raquette.

Pour les extraits des parties séchées: la réduction en matière fraîche était faible (50%) et bonne (84%), respectivement, pour l'extrait aqueux et hydroethanolique de la racine; alors que cette réduction était très bonne (94 à 100%) pour les extraits de racine. Selon l'échelle de la CEB, la réduction en matière sèche était sans intérêt pratique (30%) pour l'extrait aqueux de la racine, moyenne (64%) pour l'extrait hydroethanolique de la même partie, bonne (91%) pour l'extrait aqueux de la raquette et très bonne (100%) pour hydroethanolique de cette partie du figuier de barbarie.

En effet, ces propriétés allélopathiques de certaines plantes sur la croissance d'autres ont été mises en évidence pour plus de 90 espèces de mauvaises herbes [24].

### 3.3 ANALYSE DES SUBSTANCES ALLÉLOPATHIQUES

#### 3.3.1 DOSAGE DES PHÉNOLS TOTAUX

La méthode de Folin-Ciocalteu est utilisée pour le dosage des composés phénoliques totaux. Ces composés sont oxydés par le réactif de Folin Ciocalteu. Ce dernier, de couleur orange, est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique qui sont réduits lors de l'oxydation des phénols en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite est proportionnelle à la concentration des composés phénoliques et possède une absorption maximale à 765nm [18].

Les résultats présentés dans le tableau 4 montrent bien que ces composés phénoliques sont présents dans les différentes parties du figuier de barbarie avec des concentrations variantes (6,91 à 42,75 mg Equivalent d'Acide Gallique par gramme de matière sèche) selon l'organe de cette plante et le solvant utilisé dans la macération. En effet, les raquettes en contiennent environ trois fois plus que les racines. Alors que, les extraits hydroethanoliques en contient presque deux fois plus que les extraits aqueux. La présence de ces acides en quantité importante dans les raquettes du figuier de barbarie a été rapportée par plusieurs chercheurs. Ainsi, Teresta et al [25] ont obtenu pour des extraits éthanoliques des raquettes des variétés Mexicaines des concentrations allant jusqu' à 19,9mg EAG/g. Alors que Jeong et al. [26] ont trouvé des concentrations plus élevées de l'ordre de 180,3 m EAG /g pour la variété Coréenne « Saboten ». En effet, la variation de la concentration des acides phénoliques totaux pour la même plante dépend en grande partie du solvant utilisé dans l'extraction, ainsi, Clémentine et al. [27] ont démontré dans leurs travaux de recherche que l'éthanol est le meilleur solvant que l'eau. Il solubilise correctement les composés phénoliques moyennement polaires et peut entraîner aussi des substances lipophiles résiduelles. L'addition de l'eau au système d'extraction fait améliorer le rendement en composés phénoliques glycosylés et des phénols avec un degré de polymérisation plus élevé. Ce qui explique en partie et confirme les résultats que nous avons obtenus dans notre présent études.

Tableau 4. Concentration des phénols totaux contenus dans les extraits de différentes parties séchées du figuier de barbarie

Extraits	[phénols] en mg EAG*/g de M.S
Racine (aqueux)	6,91
Racine (eau-ethanol)	11,65
Raquette (aqueux)	19,03
Raquette (eau-ethanol)	42,75

(\*): EAG= Equivalent acide gallique

Rice [28] et Putnam [29] ont rapporté que les substances allélopathiques sont présentes dans pratiquement tous les tissus de la plante, les feuilles, les fruits, les tiges et les racines. Elles sont libérées par des processus tels que la volatilisation, l'exsudation racinaire, la lixiviation et la décomposition des résidus végétaux. Les feuilles peuvent être la source la plus importante de ces composés, tandis que les racines sont considérées comme contenant des toxines de moins en moins puissantes. Ce qui corrobore avec nos résultats. Selon Aldrich [30], ces substances sont concentrées dans les feuilles, les tiges ou les racines plutôt que dans les fruits ou les fleurs. Si elle est concentrée dans ces organes, il est peu probable qu'elle puisse être disponible à temps pour interférer avec les plantes voisines.

L'étude de la corrélation entre les effets allélopathiques observés chez le figuier de barbarie et la concentration en phénols dans les différentes parties de cette espèce, nous a permis de déduire l'existence d'une corrélation linéaire négative significative entre les différents effets allélopathiques du figuier de barbarie observés sur le jujubier et la concentration en phénols totaux contenus dans les différentes parties de cette plante (figures 3, 4 et 5).

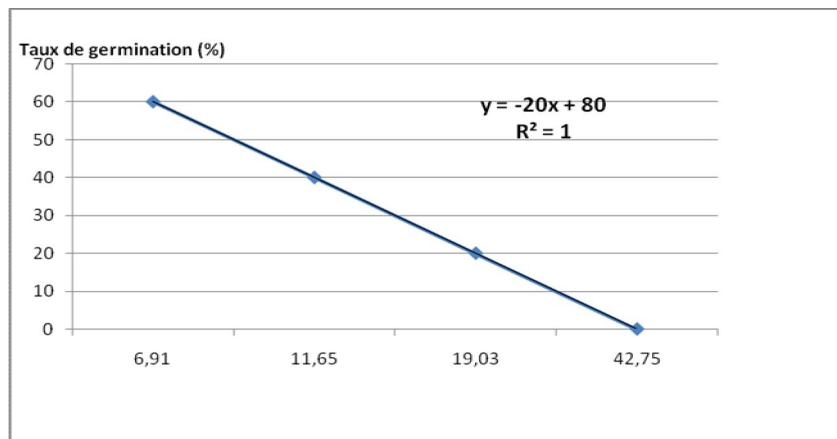
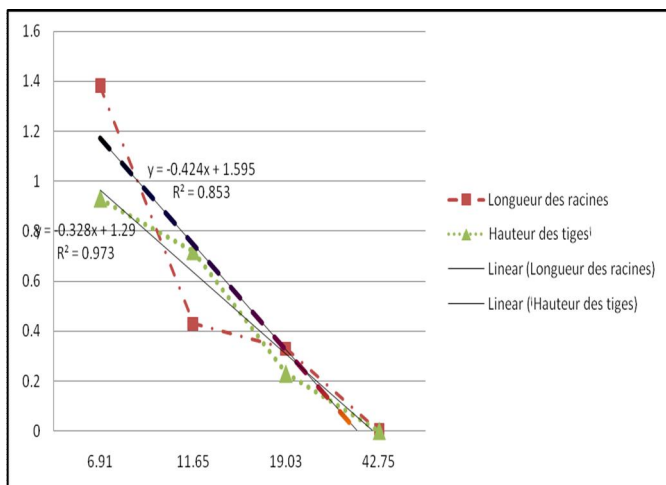
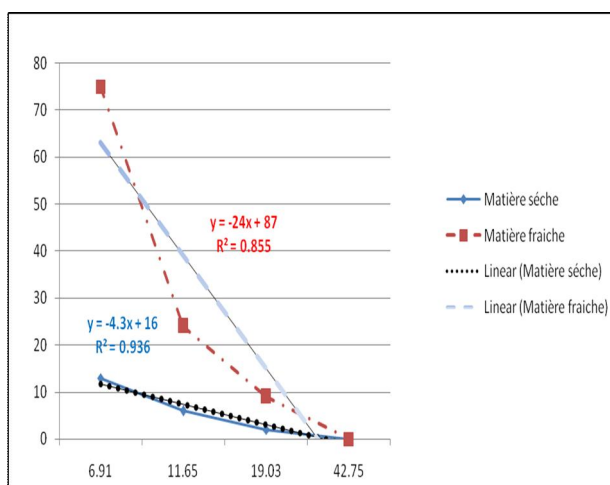


Fig. 3. Corrélation linéaire entre le pourcentage de germination de *Z. lotus* et la concentration en phénols contenus dans les différentes parties du figuier de barbarie



**Fig 4: Corrélation linéaire entre la longueur des racines et, la hauteur des tiges des plantules de *Z. lotus* et la concentration en phénols contenus dans les différentes parties du figuier de barbarie**



**Fig 5: Corrélation linéaire entre les poids des matières fraîches et sèches de *Z. lotus* et la concentration en phénols contenus dans les différentes parties du figuier de barbarie**

### 3.3.2 IDENTIFICATION DES COMPOSES PHENOLIQUES PAR CCM

Les extraits hydroéthanoliques des racines et raquettes sèches du figuier de barbarie contenant les concentrations des phénols les plus élevées et qui ont montré un effet inhibiteur le plus marqué sur la germination et la croissance du jujubier ont fait l'objet d'analyse par chromatographie sur couche Mince en utilisant 14 standards d'acides phénoliques (Tableau 5).

**Tableau 5. Chromatographie des acides phénoliques par CCM (Solvant: Chloroform:Methanol:Eau « 20 : 5 : 0,5 v:v:v »)**

Acides phénoliques	Raquette	Racine	Rf
AC trans-cinamique	P	P	0,93
AC Syringique	P	ND	0,89
AC Salicylique	P	ND	0,88
AC 4,hydroxy-3M.cinamique	ND	P	0,87
AC vanillique	P	ND	0,85
AC p. comarique	P	P	0,78
AC 4-Hydrobenzoïque	P	ND	0,74
AC. Cafeique	P	ND	0,61
AC. 2-4 dihydroxybenzoïque	P	ND	0,52
AC 2-5 dihydroxybenzoïque	P	ND	0,38
AC fumarique	ND	ND	0,38
AC gallique	P	P	0,27
AC succinique	NV	NV	0
AC malique	NV	NV	0

ND: non détecté; P: présent; NV: Non visible;

Rf= distance parcourue par l'extrait/ distance parcourue par l'éluant.

Les observations et les mesures portées sur la chromatographie ont montré la présence de 10 acides phénoliques chez les raquettes et 4 chez les racines du figuier de barbarie. La couleur de ces acides observés à des longueurs d'onde de 254 et 365 nm varie du bleu foncé à bleu ciel. L'acide salicylique a une couleur violette.

Ces résultats montrent bien que ces molécules parmi d'autres sont responsables des inhibitions observées sur la germination et la croissance du jujubier. Blum [31] a rapporté que les composés allélopathiques sont le plus souvent des composés phénoliques et qu'ils ont un effet inhibiteur sur la germination des graines et sur la croissance des germes; leurs



effets peuvent être synergiques ou additifs. Ces substances affectent les mécanismes fondamentaux des plantes cibles comme la photosynthèse [32]- [33], la synthèse des protéines [34], la perméabilité membranaire [35], la respiration [34], la division cellulaire et la germination [5]. Pour être considérés comme composés allélopathiques, les acides phénoliques doivent notamment être sous forme active (libre et protonée) et interfèrent sur les processus physiologiques, biochimiques et moléculaires des plantes cibles [28]. En effet, leurs effets sur la germination ou sur la croissance des plantes-cibles ne sont que les signes secondaires de modifications primaires. Alors que leurs cibles principales, non exclusives l'une et l'autre sont: les hormones (auxine, gibbérellines, acide abscissique) qui contrôlent les grandes étapes du cycle vital de la plante (germination, croissance, floraison) et les membranes (perturbation de leur perméabilité) [36]. Ainsi, les substances allélopathiques peuvent être exploitées pour la lutte contre les mauvaises herbes et servir à l'élaboration d'herbicides [37].

#### 4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

D'après les résultats de cette étude on peut conclure, donc, que l'hypothèse de mise en jeu du phénomène d'allélopathie comme mécanisme d'interférence entre le figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) et le jujubier (*Ziziphus lotus* (L.) Desf.) est vérifiée. Les composés allélopathiques détectés dans les deux parties aérienne et racinaire du figuier de barbarie sont des composés phénoliques qui ont un effet inhibiteur sur la germination et la croissance de la plante cible. A cet effet, une forte corrélation linéaire négative entre ces différents effets allélopathiques du figuier de barbarie sur le jujubier et la concentration en phénols totaux contenus dans les différentes parties de cette plante a été notée.

Ces résultats peuvent être exploités dans une stratégie de lutte biologique contre le jujubier dans les terrains de parcours infestés par cet arbuste en utilisant le figuier de barbarie comme culture fourragère alternative vu son intérêt et son importance aussi bien en alimentation humaine qu'animal et en matière de transformation agro-industrielle à travers les techniques de valorisation, d'extraction et d'utilisation des produits à base de cette espèce dans les domaines nutritionnel, médicinal et cosmétique.

#### REFERENCES

- [1] N. RSAISSI, M. BOUHACHE et B. BENCHARKI, "Importance et Impact agro-économique du jujubier (*Ziziphus lotus*) dans la Chaouia", Revue Marocaine de Protection des Plantes. 3, pp. 13-27, 2012.
- [2] J.P. CAUSSANEL, "Phénomène de concurrence par l'allélopathie entre adventices et plantes cultivées. COLUMA-EWRC. Cycle international de perfectionnement en malherbologie, 7 p, 1975.
- [3] C.H. MULLER, W.H. MULLER and B.L. HAINES, "Volatile growth inhibitors produced by shrubs. Science, pp. 143, 471, 1964
- [4] M. HOROWITZ and J. FRIEDMAN, "Biological activity of subterranean residues of *Cynodon dactylon* L., *Sorghum halapense* L. and *Cyperus rotundus* L", Weed Research, 11, pp. 88-93, 1971.
- [5] S. FERGUSON, H.P. BAIS, R. VEPACHEDU, S. GILROY and J.M. VIVANCO, "Allelopathy and exotic plant invasion from molecules and genes to species interactions", Science. 301, pp. 1277-1380, 2003.
- [6] J.R. QASEM, "Allelopathic potential of white top and syrian sage on vegetable crops", Agr. Jour., 93 : 97-71, 2001.
- [7] BARATULLAH, F. HUSSAIN and M. IBRAR, "Allelopathic potential of *Dodonaea viscosa* (L.) JACQ", Pak. J. Bot., 42 (4), pp. 2383-2390, 2010.
- [8] S.U. CHON, H.G. JANG, D.K. KIM, H.O. BOO and Y.J. KIM, "Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plant", Scientia Horticultura, 206 (3), pp. 309-317, 2005.
- [9] T.D. XUN, E.T. TSUZUKI, T. HIRUKI, M. MITSUHIRO, T.D. KHANH and I.M. CHUNG, "Evaluation of phytotoxicity of neen (*Azadirachta indica* A. Juss) to crops weeds", Crop Protection, 23 (4), pp. 335-345, 2004.
- [10] F. HUSSAIN, S.U. NSIDDIQUI, S. KHALID, A. JAMAL, A. QAYYUM and Z. AHMAD, "Allelopathic potential of *Senna* (*Cassia angustifolia* Vahl.) on germination and seedling characters of some major cereal crops and their associated grassy weeds. Pak. J. Bot., 39 (4), pp. 1145-1153, 2007.
- [11] J. Kamal and A. Bano, "Potential allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on microorganisms", Afr. Jour. Biotech., 7(22), pp. 4208-4211, 2008.
- [12] E. BENSELLAM H. And M. BOUHACHE, "Effet allelopathique de la luzerne sur le cyperus (*Cyperus rotundus* L.) : isolement et identification des substances allelopathiques", Proc. Xème Congrès Société Espagnole de Malherbologie, pp. 25-30, 2005.
- [13] M. BOUHACHE And F. ASSALI, " Effet allélopathique de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination des graines de la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) ", Proceeding du 2 ème congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 171-178, 1995.
- [14] M. BOUHACHE, A. TALEB And GHARMMATE A, "allelopathic effects of *Oxalis pes-caprea* L. on winter cereal crops", Proc. 2nd International Workshop on invasive plants in Mediterranean type Regions of the World, Trabzon (Turkey), EPPO, pp. 339-347, 2010.

- [15] S.BEN-GHABRIT, "Les effets allélopathiques de *Verbesina encelioides* sur la germination et la croissance du blé dur", Mémoire du projet de fin d'études, Faculté des Sciences, Université Mohamed V Agdal, Rabat, 33p, 2010.
- [16] S.SEGADE, L.ROLLE, V.GERBI, I.ORRIOLS, "Phenolic ripeness assessment of grape skin by texture analysis", *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, pp. 599-607, 2008.
- [17] V.L.SINGLETON, R.ORTHOFFER And R.M.LAMMUELA-RAVENTOS, "Analysis of total phenols and other oxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent", *Methods Enzymol.*, 299, pp. 152-178, 1999.
- [18] A.L.WATERHOUSE, "Determination of total phenolics", *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, , pp. 111-118, 2001.
- [19] W. M. ELLNAIN and G.ZGORKA, "High-performance liquid chromatography and thin-layer chromatography of phenolic acids from *Ginkgo biloba* L. Leaves collected withing vegetative period", *Technol*, 22 (10), pp. 1457-1471; 1999.
- [20] I.H.MUHAMMAD, G.LUIS and J. R. MANUEL, "Allelopathic potential of *Acacia melanoxylon* on the germination and root growth of native species", *Weed Biology and Management* 11, pp. 18-28, 2011.
- [21] M.SUNYATA and P.TOSAPON, "Allelopathic effet of Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth", *Weed Biology and Management* 10, pp. 16-24, 2010.
- [22] S.LIN, Y.ZHENG, G.D.CAO, and A.WANG, "Effets of extrats from *Ginkgo biloba* leaves by superficiel fluid extraction on seed germination of Chinese fir. Jour", *Plant Resources and Environnement*, 12(3) , pp. 20-24, 2003.
- [23] C.WALIGORA, "Rotation. Valoriser le non-labour avec les protéagineux", *Rev.Techniques culturales simplifiées*. N°30. nov/déc 2004, 223p, 2004.
- [24] N.DELABAYS, "L'allélopathie et son utilisation en agriculture biologique", *Journées techniques fruits et légumes et viticulture biologique*. Beaune, les 6 et 7 décembre 2005, pp. 25-33, 2005.
- [25] G-F.TERESITA, J-I.HUGO, L.R-E.MARIA, G.M.ANNE, B.L.BEBTE, L.LI-WEI, D.L-R.ANTONIO, S.F.INGE and P.B.ANA, "Proxime composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and Wild nopal (*Opuntia* spp)", *Journal of food composition and Analysis*, pp. 525-532, 2010.
- [26] C.JEONG, K.HAK-RYUL, J.KIM AND S.Y.JANG, "Antioxidant property of an ethanol extract of the Stem of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten", *J. Agric. Food Chem.*, 50, pp. 6490-6496, 2002.
- [27] B.CLEMENTINE, S.MATHIEU, V.ELENA and S.ILONKA, "Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachid (*Arachis hypogaea* L.)", *Revue de génie industriel* 7, pp. 35-45, 2012.
- [28] RICE, E.L., 1984. "Allelopathy. 2nd edition", Academic Press.
- [29] A.R.PUTNAM, "Weed allelopathy", In: S.O. Duke (Ed.). *Weed physiology volume 1: Reproduction and Ecophysiology*. CRC Press, pp. 131-155, 1985
- [30] J.D.ALDRIK, "Weed-crop ecology: Principles and practices", Breton Publishers, pp. 215-241, 1984.
- [31] B, J.BLUM, "Perspectives pratiques du contrôle biologique des adventices", AFPP-dix neuvième conférence du Columa. Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon 8-9 et 10 dec 2004, 8p, 2004.
- [32] F.A. EINHELLIG & , J.A.RASMUSSEN, "Effects of three phenolic acids on chlorophyll content and growth of soybean and grain sorghum seedlings", *Journal of Chemical Ecology* 5, pp. 815, 1979.
- [33] D.T.PATTERSON, "Effects of allelochemicals on growth and physiological responses of soybeans (*Glycine max*)", *Weed Science* 29, pp. 53, 1981.
- [34] E.L.RICE, "Allelopathy", Academic Press, 1974.
- [35] J.P. Harper, and N.E. Balke, "Characterization of the inhibition of K<sup>+</sup> absorption in oat roots by salicylic acid", *Plant Physiol.*, 68, pp. 1349-53, 1981.
- [36] J.F.DOBREMEZ, C.GALLET and F.PELLISSIER, "Guerre chimique chez les végétaux", *La Recherche* 279 (26), pp. 912-916, 1995.
- [37] T.D. XUN, T. SHINKICHI, T.D. KHANH, and I.M.CHUNG, "Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy : An overview", *Crop Protection*, 24 (3), pp.197-206, 2005.