



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème

Optimisation des conditions d'extraction des composés phénoliques
et de la capacité antioxydante des graines de la figue de barbarie
par la méthodologie des surfaces de réponses

Présenté par :

Ali Dahmane Chaima
Hadroug Nawel

Devant le jury :

Président : M^f Guissous M. MCB (Univ: Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Encadrant: M^f Touati N. MCA (Univ: Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Examineur : M^f Ben youcef N. MCB (Univ: Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Avant tout, on remercie Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force, la persistance et de nous avoir permis de finaliser ce travail.

*Nous remercions également M^r **GUISSOUS Mokhtar** d'avoir accepté de présider ce jury*

*Nous remercions notre promoteur M^r **TOUATI Noureddine** de nous avoir aidé, soutenu et conseillé durant toute la période de réalisation du présent mémoire.*

*Nous remercions aussi M^r **BENYOUCEF Nabil** d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier Mme **SAKHERAOUI Amira** de nous avoir aidées dans la réalisation de la partie expérimentale*

Un grand merci pour tous nos enseignants de département de Biologie et les ingénieurs des laboratoires

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

.....A vous tous, merci.

Dédicace

Au nom du Dieu le tout puissant

*A ma très chère mère **Aicha***

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour
mener à bien mon
parcours. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour
exprimer ce que tu mérites
pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner*

*À mon cher père Monsieur **Hocine** qui croit toujours en moi.*

*À mes adorables sœurs **Messaouda et Hossna** et leurs maris*

*À mes neveux **Mohamed et Tadjou***

*A mon oncle : **BOUNOUA Said**, qui est toujours présent dans mon cœur. (Allah
yerhemo)*

*À toute la famille « **ALI DAHMANE** » et « **BOUNOUA** »*

*A ma binôme et mon amie **Nawel** et toute sa famille*

*A mes amies **Amira, Yassmin, Dalila***

A tous mes enseignants de primaire à l'université

*Et mes camarades de la promotion «qualité du produit et sécurité alimentaire
2022»*

A tous ceux qui me connaissent.



Chaima

Dédicace

Tout d'abord je remercie le Dieu qui m'a donné le courage et la patience pour atteindre mes objectifs.

*A celle qui est mon exemple de la réussite, qui m'a donnée de l'amour, M'a chère mère, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite qui m'a gardé toujours à l'aise, que dieu te protège et te prête une longue vie «Ma mère **Rachida** »*

*A la prunelle de mes yeux, mon père qui je suis aujourd'hui par leu patience, qui m'a beaucoup aidée avec son soutien tout au long de mes études. « Mon père **lakhdar** »*

*Amon chère mari **Alouane Mohamed Khalil** et sa famille.*

*Ames frères, **Adel, Abd el ali, Mohamed, Younes.***

*A ma sœur **Siham** et sa chère fille **Meryouma.***

*A mes amies ,**chaima ,yasmin dalila** , qui nous avons passé ensemble de belles journées et une fois des journées inoubliables dans la durée du notre travaille.*

*A tous ma famille **Hadroug et driaï.***

Mes professeurs et enseignants de tout mon cursus d'étude.

A toute la promotion de qualité des produits et sécurité alimentaire.



Nawel

Tables des matières

Résumés

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction	1
I. Matériel et méthodes.....	3
I.1. Préparation de la matière végétale	3
I.2. Procédure d'extraction assistée par micro-ondes.....	3
I.3. Paramètres de réponses.....	3
I.3.1. Poly phénols totaux.....	3
I.3.2. Pouvoir réducteur.....	4
I.4. procédure expérimentale	4
I.5. Analyses des données	5
I.6. Vérification du model	6
II. Résultats et discussion	7
II.1. Construction du plan d'expérience	7
II.2. Modélisation de la réponse	9
II.2.1. Effets des facteurs.....	10
II.2.1. Modèles mathématiques	12
II.3. Représentation spatiale et analyse des modèles de surface de réponse	13
II.4. Validation expérimentale du modèle	19
Conclusion.....	20
Références bibliographiques	21
Annexes	

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse de la variance.

BBA : Bordj Bou Arreridj

BBD : Box-Behenken Design

CPT : composés phénoliques totaux

JMP : John's Machintosh Project

MAE : Extraction Assistée Par Micro-onde

MRS : Méthodologie de surface de réponse

PPT : Poly phénols totaux.

P : Probabilité

PR : pouvoir réducteur

R² : Coefficient de détermination

R² Adj : Coefficient de détermination ajusté

RMSE : RootMean SquarError (racine du carré moyen des résidus)

μl : microlitre

Liste des tableaux

Tableau I: Variables indépendantes et les niveaux des facteurs influençant l'extraction assistée par micro-ondes.....	5
Tableau II : Facteurs et niveaux pour la MSR, matrice de conception de box-behnken, les valeurs expérimentales et prédites des PPT et de PR de la poudre des graines de figues de barbarie.....	7
Tableau III: Facteurs et niveaux pour la MSR, matrice de conception de Box-Behnken, les valeurs expérimentales et prédites du PR de la poudre des graines de la figue de barbarie.....	8
Tableau IV : Analyse de la variance du modèle et des défauts d'ajustement pour les PPT et le PR des graines de figue barbarie	10
Tableau V: Estimation des coefficients de détermination pour le model des PPT.....	11
Tableau VI : Estimation des coefficients de détermination pour le model des PR.....	12

Liste des figures

Figure 1: Graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prévues pour les teneurs en PPT et du PR.....	9
Figure 2: Effet de la concentration du solvant et du ratio sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.....	14
Figure 3: Effets de la concentration de solvant et la puissance sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie	15
Figure 4: les Effets de la concentration de solvant et le temps sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.	16
Figure 5: les Effets de ration solide /liquide et de puissance Sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.....	16
Figure 6: les Effets de ration solide /liquide et de temps d'extraction sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.	18
Figure 7: les Effets de la puissance et de temps sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.	18
Figure 8: Profileur de prévision avec la désirabilité maximale.....	19

Introduction

Introduction

Le figuier de barbarie, connue sous le nom botanique *Opuntia ficus-indica*, est une plante originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Elle a été introduite en Afrique du Nord vers le 16^{ème} siècle. La figue est le fruit du figuier de barbarie. C'est un fruit très rafraichissant et nutritif (**Bouzoubaâ et al., 2014**). Les graines des fruits sont utilisées pour extraire de l'huile très précieuse et largement utilisée dans le domaine cosmétique (**cherif, 2016**).

Les polyphénols, en particulier, sont doués de multiples vertus thérapeutiques. Ils jouent un rôle très important, principalement dans la lutte contre les cancers, les maladies cardiovasculaires et la peroxydation lipidique, expliquant ainsi leur grande utilisation dans la fabrication des médicaments. Ils interviennent aussi dans la protection des plantes contre les différentes attaques microbiennes (**Bruneton, 2009**). Vu la diversité de composition et les différentes sources naturelles des polyphénols, un protocole d'extraction universel de ces composés n'est pas conseillé, et des processus spécifiques et optimisés doivent être désignés pour leur extraction (**Pinelo et al., 2005**).

L'extraction est l'étape initiale et la plus importante pour récupérer les composés bioactifs à partir de matières végétales. En outre, de nombreux facteurs tels que la nature du solvant, la température d'extraction, le rapport solvant-solide, peuvent influencer d'une manière significative l'efficacité de l'extraction (**Mehdi et al., 2018**).

L'extraction assistée par micro-onde (EAM) est l'une des méthodes d'extractions les plus prometteuses et efficaces permettant d'obtenir un meilleur rendement en PPT.

Ces derniers temps, les méthodes de surface de réponse (MSR) ont gagné beaucoup d'importance dans l'optimisation des condition expérimentale (**Bachir bey et al., 2014**). La méthode traditionnelle d'optimisation prend beaucoup de temps, car elle prend en compte un seul facteur seulement à la fois. Dans cette méthode, les interactions des divers facteurs sont ignorées et donc, les chances d'avoir les vraies conditions optimales sont minimales. Pour surmonter cette difficulté, l'utilisation de la Méthodologie des Surfaces de Réponses, (MSR) à été utilisée. (**Mehdi Sabrina & Sellami Redha 2018**)

L'objectif du présent travail consiste à déterminer les conditions optimales d'extraction des composés phénoliques à partir des graines de la figue de barbarie. La concentration du solvant, le ratio (solide/liquide), la puissance et le temps d'irradiation sont les facteurs choisis

pour être optimisé afin de maximiser le rendement en PPT et l'activité antioxydante évaluée par le test du PR.

Le présente mémoire est scindé en deux chapitres. La première chapitre, Matériel et méthodes, illustre la préparation de la matière végétale, le procédé d'extraction assisté par micro-onde, Méthodologie de surface de réponse, le principe et mode opératoire des dosages. Tandis que la deuxième renferme les résultats et discussion, ainsi qu'une conclusion et perspectives.

Une conclusion générale ainsi que des perspectives de recherches sont apportées pour compléter le présent travail.

Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. Préparation de la matière végétale

Les fruits ont été récoltés à **Al Hamra**, wilaya de Bordj Bou Arreridj (Algérie) vers la fin du mois d'août 2020. Ces fruits ont été débarrassés de leurs épines, lavés, pelés puis malaxés avec un mélangeur électrique (SEB 500 Watt). Les graines ont été ensuite séparées de la pulpe, puis rincées. Une fois séchées, les graines ont été broyées puis tamisées (200µm). La poudre obtenue a été conservée dans des bocaux à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à utilisation.

I.2. Procédure d'extraction assistée par micro-ondes

L'extraction dans cette étude a été effectuée à l'aide d'un micro-onde domestique (NN-S674MF, Condor, Algérie) avec des dimensions de cavité de 22,5×37,5×38,6cm et une fréquence de travail de 2450 kHz. L'appareil était équipé d'un système de contrôle numérique pour le temps et la puissance d'irradiation. Le dispositif connecté à un refroidisseur afin de condenser les vapeurs générées lors de l'extraction.

Pour l'optimisation de la procédure d'extraction assistée par micro-ondes, les paramètres influençant le procédé d'extraction (concentration du solvant, ratio solide/liquide, puissance et temps d'irradiation) ont été sélectionnés suite à une recherche bibliographique.

Dans une fiole de fond rond de 250 ml, 20 ml de solvant (acétone-eau distillée) ont été additionnées à une quantité de poudre des graines de figue de barbarie. L'extraction se diffère d'un essai à l'autre dans la concentration de solvant (20, 60, 100%), le ration solide/liquide (0,2 ; 0,5 ; 0,8 mg/20 ml), la puissance (100, 500, 900W) et le temps d'irradiation (30, 120, 210 s), Les extraits ont été séparés par centrifugation à 3000 tr/min pendant 15 min et stockés à 4 °C (NF 200, Nüve, Turquie). Un nombre de 27 essais ont été réalisés avant d'obtenir l'optimum, puis une extraction dans les conditions optimales obtenues par MSR a été réalisée. Pour les expériences de l'optimisation MSR et de validation du modèle, le rendement en poly phénols totaux (PPT) et le pouvoir réducteur (PR) ont été pris en considération.

I.3. Paramètres de réponses

I.3.1. Poly phénols totaux

La teneur en composés phénoliques a été estimée selon la méthode de (**Adesegun et al.,2007**). Le réactif du Folin-Ciocalteu, constitué d'un mélange d'acide phospho tungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phospho molybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) est réduit en présence des composés phénoliques en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène.

L'intensité de la coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de poly phénols présents dans l'extrait.

Dans des tubes à essai, un volume de 200 µl d'extrait acétonique dilué des graines de la figues de barbarie est ajouté à 750 µl du réactif Folin–Ciocalteu (10%), puis un volume de 400 µl de la solution de carbonate de sodium (7,5%) est ajouté. Après 15 min d'incubation, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 720 nm après (UV/Vis, Biotech Engineering Management Co. Ltd, Chypre) contre un blanc. Une courbe d'étalonnage a été réalisée avec l'acide gallique (0,1 mg/ml). Les essais réalisent en triplicatas. La teneur totale en PPT a été exprimée en mg EAG/100 g Ms.

I.3.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des extraits de la poudre de la figue de barbarie a été déterminé selon la méthode de **Nagulendran et al. (2007)** avec quelques modifications. Le pouvoir au ferrocyanure de potassium est l'aptitude en présence d'antioxydants dans les extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{+3}) en fer ferreux (Fe^{+2}) (**Gulçin et al., 2005 ;Köksal et al., 2011**).

Un aliquote de 250µl d'extrait a été mélangé avec 200µl de tampon phosphate (0.2M et pH 6.6) et 250µl de ferricyanure de potassium [$K_3Fe(CN)_6$] à 1%. Après 20 min d'incubation à 50°C, la réaction a été arrêtée par l'addition de 250 µl d'acide trichloracétique (TCA à 10%). Puis ajouté 1 ml d'eau distillée et 200 µl de chlorure ferrique ($FeCl_3$) à 0.1%. Après incubation pendant 10min, l'absorbance a été mesurée à 700nm contre un blanc. Les résultats sont exprimés mg EAG/100 g Ms.

I.4. procédure expérimentale

L'optimisation des conditions d'extraction des PPT et PR a été déterminé par la méthode des surfaces de réponses (MSR) en employant le plan de Box-Behnken de quatre niveaux, afin évaluer l'effet combiné de quatre variables indépendantes : concentration de solvant, puis ratio solide/liquide, la puissance et le temps qui sont désignés par x_1 , x_2 , x_3 et x_4 , respectivement. Ces variables et les 3 niveaux sont affichés dans le tableau I. La valeur codée 0 représente le point central des variables et a été répétée pour une erreur expérimentale. Les points factoriels ont été codés comme ± 1 (**Tableau I**).

Ces paramètres ont été étudiés de manière à optimiser deux réponses: Le taux des poly phénols totaux et le pouvoir réducteur. Selon la formule: $N = 2k(k-1) + Cp$. Un nombre de 27

essais a été réalisés de manière à pouvoir estimer le modèle mathématique des réponses investiguées (**Bezerra et al., 2008**).

Où : **N** : est le nombre d'expériences.

K : est le nombre de facteurs.

Cp : est le nombre de points centraux.

Tableau II: Variables indépendantes et les niveaux des facteurs influençant l'extraction assistée par micro-ondes.

Variables indépendantes	Niveaux des facteurs		
	-1	0	+1
X ₁ : Acétone (%)	20	60	100
X ₂ : Ratio (mg/20ml)	0,2	0,5	0,8
X ₃ : Puissance (w)	100	500	900
X ₄ : Temps (s)	30	120	210

La méthodologie des surfaces de réponses permet de modéliser les réponses étudiées sous forme d'une équation polynomiale de deuxième degré présenté ci-dessous :

$$y = B_0 + \sum_{i=1}^k B_i x_i + \sum_{i=1}^k B_{ii} x_i^2 + \sum_{i>j}^k B_{ij} x_i x_j$$

Où : **Y** représente la réponse étudiée (dans notre cas, y représente PPT, PR)

B₀ est une constante; **B_i**, **B_{ii}** et **B_{ij}** sont des coefficients des limites linéaires, quadratiques et interactives, respectivement, et le **x_i** et **x_j** représentent les variables indépendantes codées.

I.5. Analyses des données

Tous les dosages ont été effectués en triple et les résultats sont exprimés en moyenne. L'influence des facteurs sur le rendement en PPT et PR dans l'expérience en été statistiquement évalué par (ANOVA) selon le (Test de LSD). Un logiciel JMP (Version 14) a été utilisé pour construire le plan d'expérience de Box Behnken Design pour l'analyse de tous les résultats.

I.6. Vérification du model

Les conditions optimales pour l'extraction des PPT et de l'PR dépendant de la composition du solvant, de la puissance et du temps d'extraction ont été obtenues à l'aide des équations prédictives de MSR. Les valeurs expérimentales et prédites ont été comparées afin de déterminer la validité du modèle.

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

II.1. Construction du plan d'expérience

L'optimisation de l'extraction des antioxydants des graines de figue de barbarie par la méthodologie des surfaces de réponses (MSR) est étudiée suivant le modèle de Box-Behnken en se basant sur la maximisation de la teneur en PPT et de la valeur du PR comme des variables de réponses (variables dépendantes).

Les variables indépendants (x_1 : concentration, x_2 : ration solide/liquide, x_3 : puissance, x_4 : temps) ont été introduites dans le logiciel JMP (version 14). Les teneurs en PPT et les valeurs du PR observées et prédites dans les différentes conditions expérimentales à partir des 27 essais sont illustrées dans le **tableau II et III**, respectivement.

Tableau II : Facteurs et niveaux pour la MSR, matrice de conception de box-behnken, les valeurs expérimentales et prédites des PPT de la poudre des graines de figue barbarie.

	Concentration X1	Ratio X2	Puissance X3	Temps X4	PPT observé	PPT Prédit
1	20 (-)	0,2 (-)	500 (0)	120 (0)	502,49	518,00
2	20 (-)	0,8 (+)	500 (0)	120 (0)	386,76	360,35
3	100 (+)	0,2 (-)	500 (0)	120 (0)	204,69	257,23
4	100 (+)	0,8 (+)	500 (0)	120 (0)	215,04	225,67
5	60 (0)	0,5 (0)	100 (-)	30 (-)	426,89	443,12
6	60 (0)	0,5 (0)	100 (-)	210 (+)	466,57	473,58
7	60 (0)	0,5 (0)	900 (+)	30 (-)	459,81	478,94
8	60 (0)	0,5 (0)	900 (+)	210 (+)	502,12	512,03
9	20 (-)	0,5 (0)	500 (0)	30 (-)	461,19	449,91
10	20 (-)	0,5 (0)	500 (0)	210 (+)	497,38	493,35
11	100 (+)	0,5 (0)	500 (0)	30 (-)	247,42	263,85
12	100 (+)	0,5 (0)	500 (0)	210 (+)	260,29	283,96
13	60 (0)	0,2 (-)	100 (-)	120 (0)	455,54	461,99
14	60 (0)	0,2 (-)	900 (+)	120 (0)	520,69	521,54
15	60 (0)	0,8 (+)	100 (-)	120 (0)	378,25	389,79
16	60 (0)	0,8 (+)	900 (+)	120 (0)	398,57	404,52
17	20 (-)	0,5 (0)	100 (-)	120 (0)	367,81	379,56
18	20 (-)	0,5 (0)	900 (+)	120 (0)	444,09	458,54
19	100 (+)	0,5 (0)	100 (-)	120 (0)	276,65	223,67
20	100 (+)	0,5 (0)	900 (+)	120 (0)	269,26	218,97
21	60 (+)	0,2 (-)	500 (0)	30 (-)	568,44	529,78
22	60 (0)	0,2 (-)	500 (0)	210 (+)	595,61	558,92
23	60 (0)	0,8 (+)	500 (0)	30 (-)	434,37	432,53
24	60 (0)	0,8 (+)	500 (0)	210 (+)	466,82	466,95
25	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	492,52	482,29

26	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	486,19	482,29
27	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	468,15	482,29

Tableau III : Facteurs et niveaux pour la MSR, matrice de conception de Box-Behnken, les valeurs expérimentales et prédites du PR de la poudre des graines de figue barbarie.

	Concentration x ₁	Ratio x ₂	Puissance x ₃	Temps x ₄	PR observé	PR Prédit
1	20 (-)	0,2 (-)	500 (0)	120 (0)	232,59	221,68
2	20 (-)	0,8 (+)	500 (0)	120 (0)	159,76	138,68
3	100 (+)	0,2 (-)	500 (0)	120 (0)	51,92	76,86
4	100 (+)	0,8 (+)	500 (0)	120 (0)	79,73	94,51
5	60 (0)	0,5 (0)	100 (-)	30 (-)	154,54	160,86
6	60 (0)	0,5 (0)	100 (-)	210 (+)	162,76	163,43
7	60 (0)	0,5 (0)	900 (+)	30 (-)	160,39	163,58
8	60 (0)	0,5 (0)	900 (+)	210 (+)	181,65	179,19
9	20 (-)	0,5 (0)	500 (0)	30 (-)	169,23	162,29
10	20 (-)	0,5 (0)	500 (0)	210 (+)	177,1	173,05
11	100 (+)	0,5 (0)	500 (0)	30 (-)	74,01	69,47
12	100 (+)	0,5 (0)	500 (0)	210 (+)	78,52	76,88
13	60 (0)	0,2 (-)	100 (-)	120 (0)	192,84	189,66
14	60 (0)	0,2 (-)	900 (+)	120 (0)	215,95	201,56
15	60 (0)	0,8 (+)	100 (-)	120 (0)	153,84	159,65
16	60 (0)	0,8 (+)	900 (+)	120 (0)	171,62	166,22
17	20 (-)	0,5 (0)	100 (-)	120 (0)	149,45	163,77
18	20 (-)	0,5 (0)	900 (+)	120 (0)	172,36	201,02
19	100 (+)	0,5 (0)	100 (-)	120 (0)	121,22	97,28
20	100 (+)	0,5 (0)	900 (+)	120 (0)	88,12	78,52
21	60 (0)	0,2 (-)	500 (0)	30 (-)	175,09	175,48
22	60 (0)	0,2 (-)	500 (0)	210 (+)	183,13	186,29
23	60 (0)	0,8 (+)	500 (0)	30 (-)	142,96	144,53
24	60 (0)	0,8 (+)	500 (0)	210 (+)	147,56	151,89
25	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	169,84	174,18
26	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	174,1	174,18
27	60 (0)	0,5 (0)	500 (0)	120 (0)	178,61	174,18

Les résultats montrent que la teneur en PPT des extraits est comprise entre 595.61 et 204.69 mg EAG/100g MS, alors que les valeurs du PR varient entre 232.59 et 74.01 mg EAG/100g MS.

Les graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prévues (**Figure 6**) montre que les valeurs des modèles concordent avec les réponses mesurées ; toutes les valeurs des PPT et du PR appartiennent à l'intervalle de confiance.

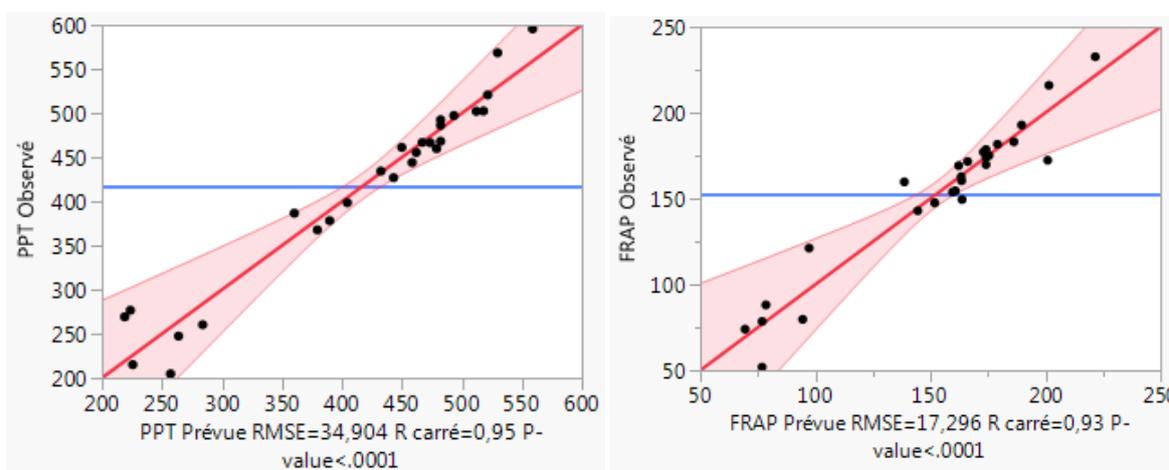


Figure 1:Graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prévues pour les teneurs en PPT et du PR

L'analyse de la variance permet de calculer un paramètre statistique R^2 qui est le rapport de la somme des carrés des réponses calculées (corrigées à la moyenne) par la somme des carrés des réponses mesurées (corrigées à la moyenne). Dans la présente étude, les valeurs de R^2 sont de 0,95 et 0,93 pour les modèles des PPT et du PR respectivement. En d'autres termes, les puissances d'explication des modèles des PPT et du PR sont respectivement 95 et 93% et seulement 5 et 7% des variations des deux modèles n'ont pas été expliqués. Lorsque le coefficient de détermination R^2 est très proche de 1, les modèles est hautement significatifs.

II.2. Modélisation de la réponse

D'après le **tableau IV**, l'analyse de la variance du model montre que ce dernier est très significatif ($p < 0,001$) et que le manque d'ajustement n'est pas significatif ($p > 0,05$) ; ceci indique que les modèles sont satisfaisant, (autrement dit, ces deux modèles ont de fortes puissances d'explication des résultats expérimentaux). Il est à noter que **lorsque la p -value** du manque d'ajustement d'un modèle donné est significative, ce model sera rejeté (**Granato et al., 2010**).

Par ailleurs, la somme des carrés du model est très grande devant la somme des carrés due à l'erreur, et les carrés des moyennes des modèles sont largement supérieurs aux carrés des moyennes des erreurs. De plus, la valeur du coefficient de détermination ajustée est élevée (R^2 ajusté des PPT et du PR sont respectivement 0,89 et 0,82), Ceci confirme la haute significativité des modèles et que ces derniers semble être bien ajustés., lorsque la valeur du R^2 ajusté (valeur du R^2 après élimination des coefficients non significatifs du modèle) sera très

inférieure à celle de R^2 , le modèle contient beaucoup de termes non significatifs (ElAdawi et al., 2011)

Tableau IV : Analyse de la variance du modèle et des défauts d'ajustement pour les PPT et le PR des graines de la figue de barbarie.

Source	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F	Prob. > F
PPT (mgEAG/100gMS)					
Modèle	14	282311,14	20165,1	16,5519	
Erreur	12	14619,50	1218,3		
Total corrigé	26	296930,64		*	<,0001
Défaut d'ajustement	10	14299,696	1429,97	8,9428	
Erreur pure	2	319,802	159,90		
Erreur totale	12	14619,498			0,1047
R^2	0,950765				
R^2 ajusté	0,893323				
PR (mgEAG/100gMS)					
Modèle	14	46389,696	3313,55	11,0767	
Erreur	12	3589,756	299,15		
Total corrigé	26	49979,452			<,0001*
Défaut d'ajustement	10	3551,2888	355,129	18,4641	
Erreur pure	2	38,4669	19,233		
Erreur totale	12	3589,7557			0,0524
R^2	0,928175				
R^2 ajusté	0,84438				

II.2.1. Effets des facteurs

✓ Effet linéaire

La concentration du solvant avec une même p-value <0,0001 pour PPT et le PR et le ratio solide / liquide avec une probabilité de P <0,0005 pour CPT et avec P <0,0067 pour

l'AA. Ces facteurs influencent d'une manière hautement significative les valeurs des PPT et du PR. Cependant l'effet est non significatif pour les autres facteurs (temps d'extraction et puissance d'irradiation).

✓ **Effet d'interaction**

Les résultats de la présente étude indiquent que l'interaction concentration de solvant*Ratio est significative pour le PR uniquement avec une $p < 0,0131$. Et n'est pas significative pour les PPT. Concernant les autres combinaisons interactions $((x_1-x_2), (x_2-x_3), (x_1-x_4), (x_2-x_4), (x_3-x_4))$, il n'y a aucun effet significatif $p > 0,05$.

✓ **Effet quadratique**

Les résultats obtenus montre que l'effet quadratique (concentration²) est hautement significatif pour les PPT et le PR ($p = 0,0001$). Pour les autres combinaisons (Ratio², puissance², temps²), leur effets quadratiques sont non significatifs ($p > 0,05$). Ces résultats indiquent l'influence et l'importance de la concentration du solvant par rapport aux autres facteurs.

Tableau V : Estimation des coefficients pour le model des PPT

Terme	Estimation	Erreur standard	t ratio	Prob. > t
Constante	482,28667	20,15185	23,93	<,0001*
Concentration (20,100)	-98,86417	10,07593	-9,81	<,0001*
Ratio (0,2 . 0,8)	-47,30417	10,07593	-4,69	0,0005*
Puissance (100,900)	18,569167	10,07593	1,84	0,0902
Temps (30,210)	15,889167	10,07593	1,58	0,1408
Concentration*Ratio	31,52	17,45202	1,81	0,0960
Concentration*Puissance	-20,9175	17,45202	-1,20	0,2538
Ratio*Puissance	-11,2075	17,45202	-0,64	0,5328
Concentration*Temps	-5,83	17,45202	-0,33	0,7441
Ratio*Temps	1,32	17,45202	0,08	0,9410
Puissance*Temps	0,6575	17,45202	0,04	0,9706
Concentration*Concentration	-133,1242	15,11389	-8,81	<,0001*

Terme	Estimation	Erreur standard	t ratio	Prob. > t
Ratio*Ratio	-8,849167	15,11389	-0,59	0,5691
Puissance*Puissance	-28,97667	15,11389	-1,92	0,0793
Temps*Temps	23,605833	15,11389	1,56	0,1443

Tableau VI: Estimation des coefficients pour le model des PR

Terme	Estimation	Erreur standard	t ratio	Prob. > t
Constante	174,18333	9,985762	17,44	<,0001*
Concentration(20,100)	-47,2475	4,992881	-9,46	<,0001*
Ratio (0,2,0,8)	-16,3375	4,992881	-3,27	0,0067*
Puissance(100,900)	4,62	4,992881	0,93	0,3730
Temps(30,210)	4,5416667	4,992881	0,91	0,3809
Concentration*Ratio	25,16	8,647923	2,91	0,0131*
Concentration*Puissance	-14,0025	8,647923	-1,62	0,1314
Ratio*Puissance	-1,3325	8,647923	-0,15	0,8801
Concentration*Temps	-0,84	8,647923	-0,10	0,9242
Ratio*Temps	-0,86	8,647923	-0,10	0,9224
Puissance*Temps	3,26	8,647923	0,38	0,7128
Concentration*Concentration	-42,68792	7,489321	-5,70	<,0001*
Ratio*Ratio	1,4345833	7,489321	0,19	0,8513
Puissance*Puissance	3,6533333	7,489321	0,49	0,6345
Temps*Temps	-11,07167	7,489321	-1,48	0,1651

II.2.1.Modèles mathématiques

L'analyse de la variance de la régression des coefficients consiste à analyser l'impact des variables (x_1 , x_2 , x_3 et x_4) à $p < 0,05$, afin de déterminer le degré d'influence des facteurs (concentration du solvant, puissance d'irradiation, temps d'extraction et ratio solide /liquide) sur l'extraction des substances bioactives (Uma et al., 2010).

Les p -values sont utilisés comme un moyen pour vérifier la significativité de chaque coefficient, ce qui indique aussi l'intensité d'interaction de chaque paramètre. Les plus petits p -values présentent la plus grande significativité du facteur correspondant (Liu et al., 2010). Connaissant les valeurs du coefficient a_0 les coefficients linéaires, les coefficients des interactions, les coefficients quadratiques de chaque facteur, pour les PPT et le PR.

Le modèle mathématique adapté dans la présente étude est un modèle polynomial de second degré qui modélise correctement le phénomène étudié. Il apparaît que les conditions expérimentales optimales, représenté par la relation suivante :

$$\text{PPT} = 482.28 - 98.864x_1 - 47.30x_2 - 133.12x_1^2$$

$$\text{PR} = 174.183 - 47.247x_1 - 16.337x_2 - 25.16x_1x_2 - 42.687x_1^2$$

II.3. Représentation spatiale et analyse des modèles de surface de réponse

La surface de réponse 3D est la représentation graphique de l'équation de régression. Elle représente la relation entre les réponses et les niveaux expérimentaux de chaque variable et le type d'interactions entre deux variables d'essai (Zhong et Wang, 2010).

La **figure 2** illustre la représentation tridimensionnelle des effets de la concentration de solvant et du ratio solide /liquide sur l'extraction des PPT et du PR des grains de figue de barbarie. On peut observer que la concentration de solvant et le ratio exercent un effet significatif sur la teneur en PPT et le PR. L'examen des graphes de la **figure 2** a montré l'existence des niveaux optimaux de concentration de solvant et du ratio pour les PPT et le PR. Cela est dû à l'effet quadratique et linéaire de la concentration du solvant et du l'effet linéaire du ratio. L'estimation des coefficients quadratiques de la concentration de solvant sont statistiquement significatifs pour les PPT et le PR.

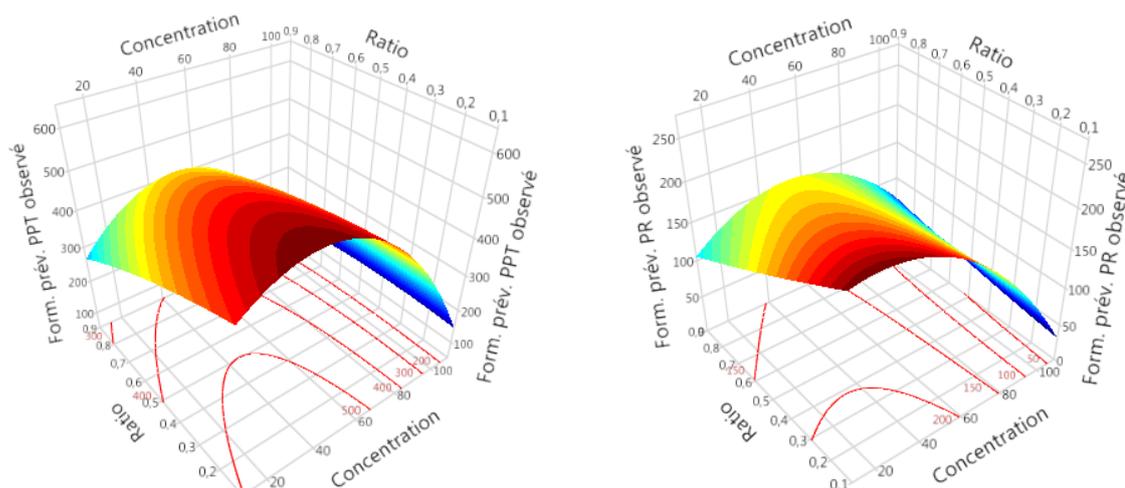


Figure 2 : Effet de la concentration du solvant et du ratio solide /liquide sur l'extraction des PPT et du PR des graines de la figue de barbarie.

Le choix du solvant dépend de la solubilité de la matrice, de l'interaction matrice-solvant et surtout de la capacité du solvant à absorber les micro-ondes. Le volume du solvant doit être suffisant pour garantir que l'échantillonnes bien immergé au cours du processus d'extraction (Eskilsson et Bjorklund, 2000 ; Wang et al., 2010). La polarité joue un rôle important dans l'extraction des antioxydants. L'augmentation de la concentration d'acétone dans le solvant a provoqué une diminution de sa polarité, ce qui favorise l'extraction des composants moins polaires (Cheok et al., 2012). De plus, l'augmentation de la concentration de l'acétone favorise la dégradation des membranes cellulaires qui améliore la perméabilité du solvant dans la matrice solide (Vatai et al., 2009 ; Zhang et al., 2006). Néanmoins, à une très forte concentration en acétone, la polarité résultante est inappropriée pour l'extraction des antioxydants de la matrice végétale.

La **figure 3** représente les effets de la concentration du solvant et de la puissance d'irradiation sur les PPT et le PR des graines de figue de barbarie. On peut noter que la concentration du solvant et la puissance exercent un effet significatif sur la teneur en PPT et le PR. En outre, L'examen des graphiques montrent l'existence des niveaux de concentration optimaux pour les PPT et le PR. Cela est dû à l'effet quadratique et de concentration du solvant sur les PPT et le PR. L'estimation des coefficients quadratiques et linéaire de la concentration du solvant étaient statistiquement significatifs à la fois pour les PPT et le PR, tandis que l'effet quadratique et linéaire de la puissance n'a pas été observé au même titre que pour l'interaction entre les deux variables.

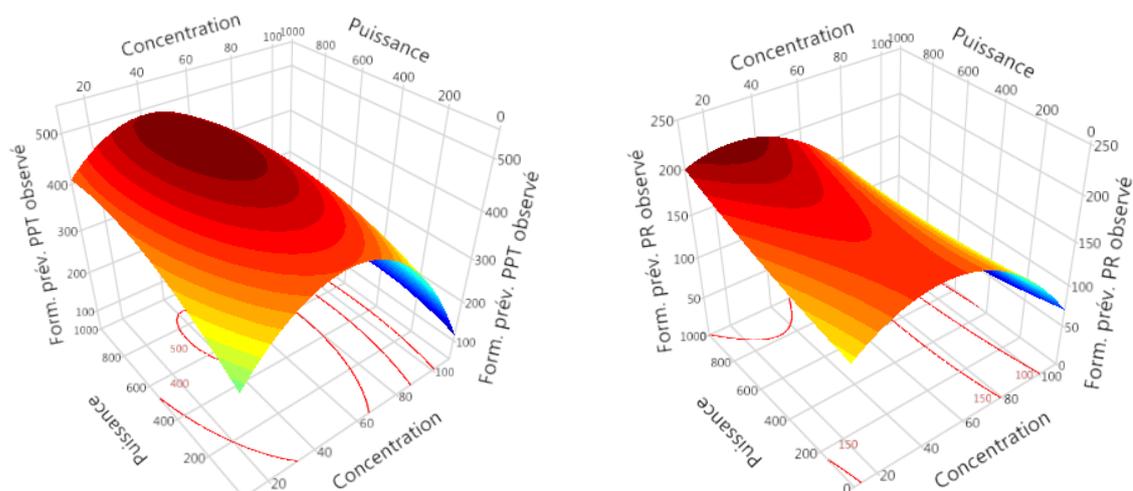


Figure 3 : Effet de la concentration de solvant et la puissance sur l'extraction des PPT et du PR des graines de figue de barbarie.

L'extraction à des températures élevées favorise l'extraction par amélioration à la fois de la solubilité du soluté et du coefficient de diffusion. Le chauffage adoucit les tissus végétaux et affaiblit les interactions phénol-protéines et phénol-polysaccharide, avec plus de diffusion de poly phénols dans le solvant (**Shi et al., 2003**). Cependant, le chauffage ne peut pas augmenter l'extraction phénolique indéfiniment. Au-dessus de 50°C, la stabilité de ces composés diminue avec des effets néfastes sur l'activité antioxydant (**Naczki et Shahidi, 2004**).

La figure 4 est le graphique en trois dimensions montrant Les effets de la concentration du solvant et du temps d'irradiation sur l'extraction des PPT et le PR, respectivement. D'après ces figures, on observe que la concentration du solvant et le temps d'irradiation exercent un effet significatif sur la teneur en PPT et le PR. L'examen des graphiques de la figure 3 montrés l'existence des niveaux de concentration optimaux pour la PPT et PR. Ceci est dû à l'effet quadratique de la concentration du solvant et le temps d'irradiation est légèrement affecté pour PR. L'estimation des coefficients pour la forme quadratiques de la concentration du solvant était statistiquement significatifs par contre le temps d'irradiation n'étaient pas statistiquement significatifs pour les PPT et PR. Cependant, l'interaction entre les deux facteurs n'a pas été observée pour les deux variables.

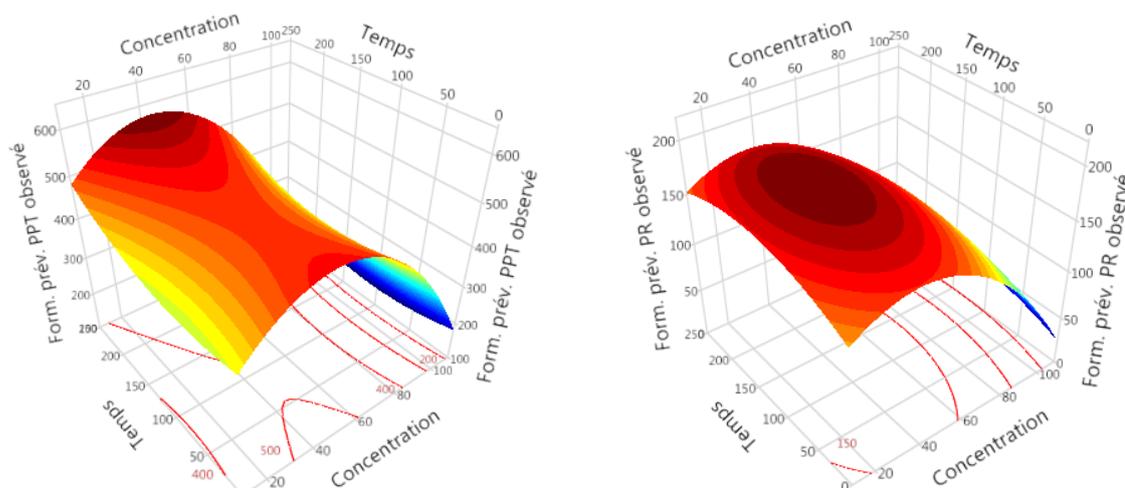


Figure 4 : Effet de la concentration de solvant et de temps sur l'extraction des CPT et l'AA des graines de la figue de barbarie.

D'après la **Figure 5** représente l'effet de la puissance et du temps d'irradiation sur l'extraction des PPT et du PR. On observe que la puissance et le temps d'irradiation influence légèrement l'extraction des PPT et le PR. L'examen des graphes de la **figure 5** montre que les niveaux optimaux des concentrations apparaissent légèrement pour les CPT et l'AA. Cela est dû à l'absence de l'effet quadratique de la puissance et du temps d'extraction. L'estimation des coefficients quadratiques de la puissance et de temps d'irradiation statistiquement n'ont pas significatifs pour les PPT et le PR.

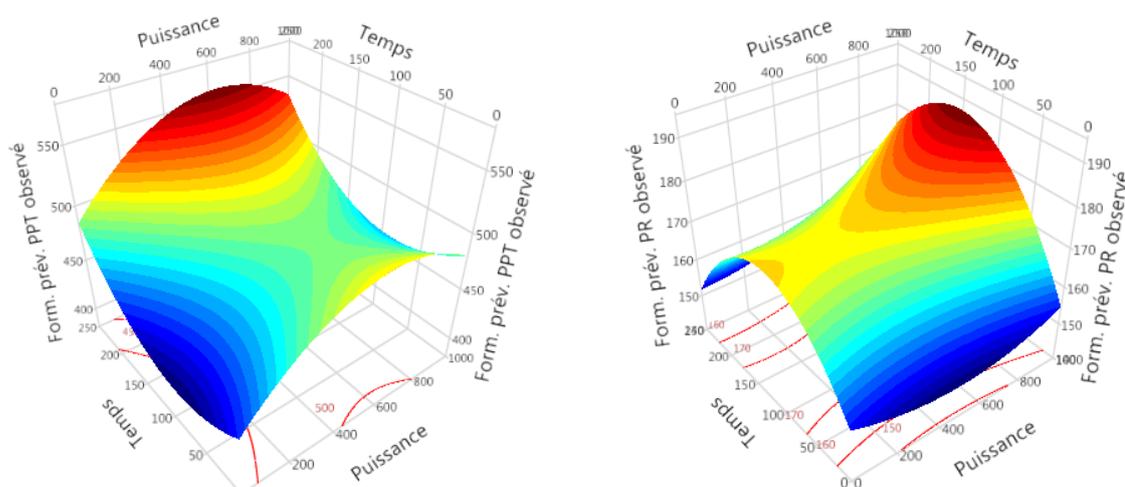


Figure 5: Effet de la puissance et de temps sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.

L'extraction à des températures élevées favorise l'extraction par amélioration à la fois de la solubilité du soluté et du coefficient de diffusion. Le chauffage adoucit les tissus végétaux et affaiblit les interactions phénol-protéines et phénol-polysaccharide, avec plus de diffusion de poly phénols dans le solvant (**Shi et al., 2003**). Cependant, le chauffage ne peut pas augmenter l'extraction phénolique indéfiniment. Au-dessus de 50°C, la stabilité de ces composés diminue avec des effets néfastes sur l'activité antioxydante (**Naczk et Shahidi, 2004**).

Le temps d'extraction est extrêmement court. En augmentant la durée d'extraction, La puissance d'irradiation est généralement minimisée pour éviter d'atteindre des températures d'extraction trop élevées, et augmentée pour diminuer le temps d'extraction (**Eskilsson et Bjorklund, 2000; Wang et al., 2010**).

Le transfert de masse augmente avec le temps jusqu'à ce que le maximum d'extraction soit atteint. La température accélère la diffusion et augmente ainsi l'extraction (**Kassamaet al., 2008**). Plus haute température d'extraction au-delà de 48,66 n'a pas montré d'amélioration de l'extraction des PPT. Ceci peut être attribué leurs dégradation thermique à haute conditions de température favorisés par une longue durée d'extraction (**Prommuak, et al, 2008**).

D'après la **figure 6** représenté les effets du ratio et du la puissance sur l'extraction des PPT et le PR. on observe que la puissance d'irradiation influence l'extraction des PPT et le PR. Cependant la ration n'affecte pas l'extraction des PPT et le PR. L'examen des graphes de la **figure 6** n'a pas montré l'existence des niveaux optimaux de concentration pour le PPT et le PR. Cela est dû à l'absence de l'effet quadratique de ratio et de la puissance. L'estimation des coefficients quadratiques de ratio solide /liquide et de puissance d'irradiation n'étaient pas statistiquement significatifs pour les PPT et le PR. Cependant, l'interaction entre les deux facteurs n'a pas été observée pour les PPT et le PR.

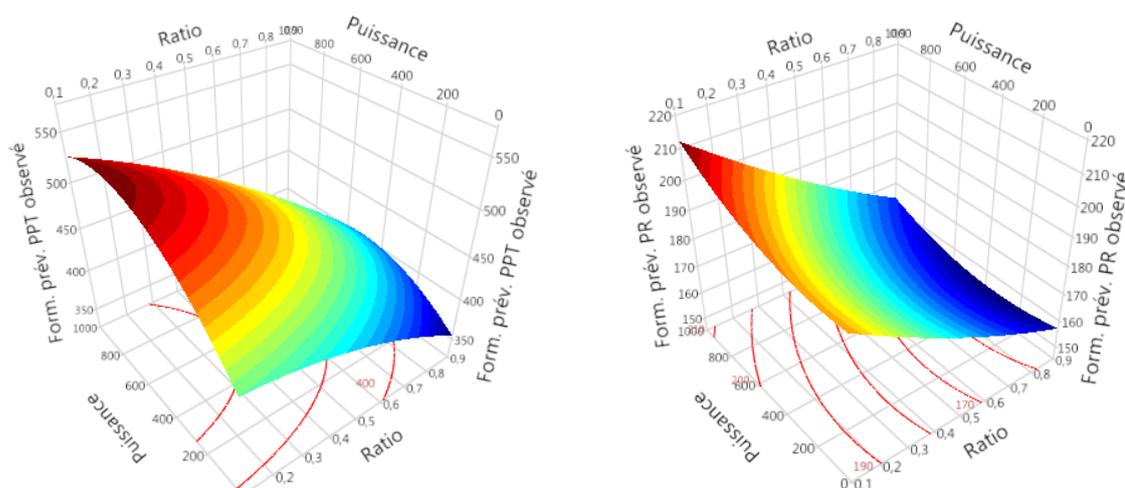


Figure 6 : Effet de ration et de puissance Sur l'extraction des PPT et PR des graines de figue de barbarie.

D'après la **figure 7** représenté Les effets du ratio et de temps sur l'extraction des PPT et le PR, On observe que le temps influence l'extraction des PPT et le PR. cependant la ration n'affecte pas l'extraction des PPT et le PR. L'examen des graphes de la **figure 7** n'a pas montré l'existence des niveaux optimaux de concentration pour le PPT, cependant l'existence des niveaux optimaux de concentration pour le PR. Cela est dû à l'absence de l'effet quadratique du ratio et de tempe. L'estimation des coefficients quadratiques de ratio et du tempe n'étaient pas statistiquement significatifs pour les PPT et le PR. Cependant, l'interaction entre les deux facteurs n'on pas été observée pour les PPT et le PR.

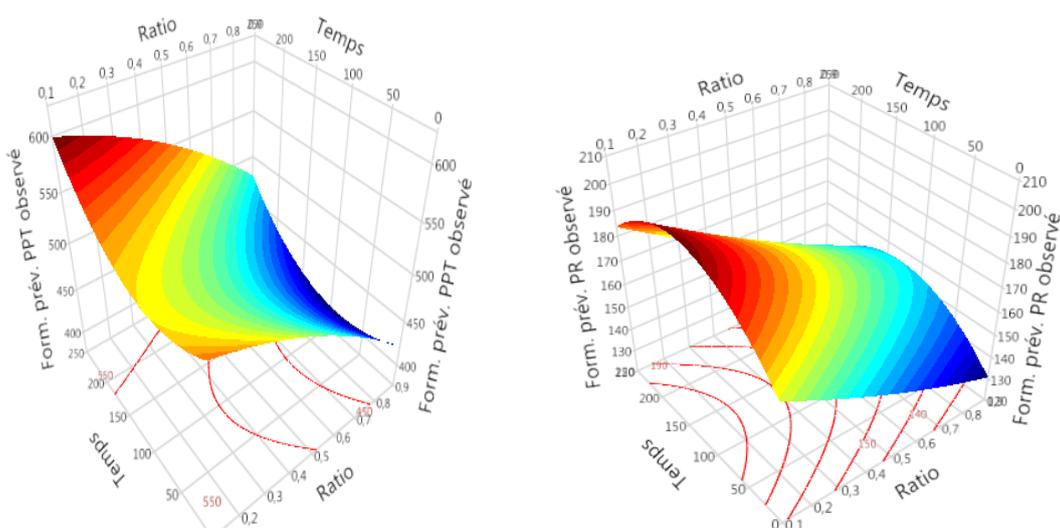


Figure 7 : Effet de ration et de temps sur l'extraction des PPT et PR des graines de la figue de barbarie.

II.4. Validation expérimentale du modèle

La désirabilité maximale a été utilisée pour déterminer les conditions optimales. Ces conditions ont été utilisées pour l'extraction des PPT et le test de PR. Les résultats des conditions optimales, pour obtenir la meilleure teneur en composés phénoliques totaux ainsi qu'une activité antioxydante maximale, sont 26.78% pour la concentration du méthanol, 900Watt pour la puissance d'irradiation, et 210s pour le temps d'irradiation. Dans ces conditions optimales, les valeurs expérimentales étaient de 602 et 272.16 mg EAG/100g pour les PPT et PR, respectivement. Avec une valeur de désirabilité de 0.961, ces résultats expérimentaux étaient en accord avec les valeurs prédites pour le CPT et l'AA (599.05 et 242.16 mg EAG/100 g, respectivement). ce qui confirme la validité du plan d'expérience utilisé.

La teneur maximale en PPT obtenue par application des conditions optimales d'extraction a été comparée à la littérature. Le résultat obtenu dans cette étude est largement supérieur à celui rapporté par **Cardador-Martínez et al. (2011)** dans des graines de différents cultivars d'*Opuntia ficus-indica* (337 à 460 mg EAG/100g MS). Cette différence peut être attribuée soit aux méthodes d'extractions et d'analyses, type de solvant utilisé l'origine géographique de l'échantillon, degré de maturité et aux conditions de stockage

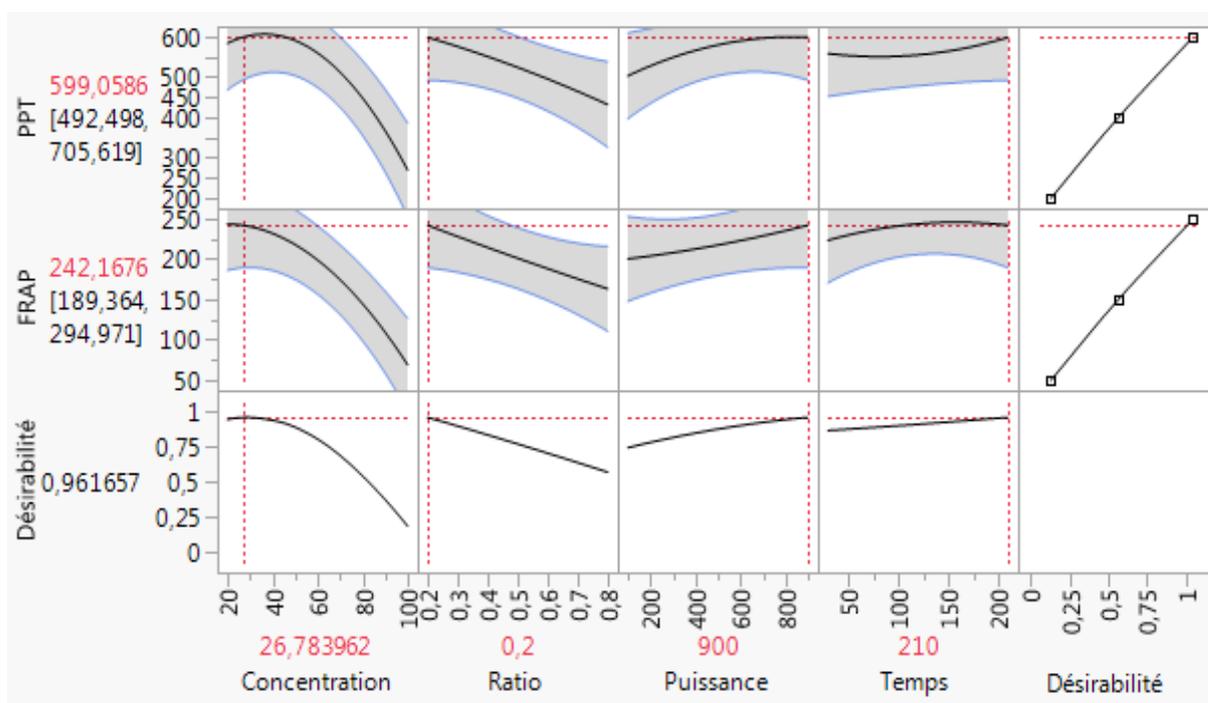


Figure 8 : Profiler de prévision avec la désirabilité maximale

Conclusion

Conclusion

Les graines de la figue de barbarie constituent une bonne source d'huile de haute qualité mais elles renferment aussi, d'autres composés bioactifs qu'il faudra prendre en considération et qui pourraient être exploités dans différents domaines.

La présente étude a pour but d'optimiser des conditions d'extraction des composés phénoliques et pour une meilleure l'activité antioxydant de la poudre des grains de figue de barbarie. Cette extraction est réalisée à l'aide d'un micro-onde domestique équipé pour cette raison.

L'optimum des paramètres influençant l'extraction des substances antioxydants sont l'acétone 26,78%, ration solide//liquide 0.2 mg/20ml, puissance d'irradiation 900 W et temps d'extraction 30s.

Le taux des composés phénoliques et l'activité antioxydante obtenu après application des paramètres optimisés sont respectivement 602 et 272,16 mg EAG/100g de Ms. Ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus par le model mathématique (599,05 et 242,16 pour les PPT et le PR, respectivement).

Dans le but de compléter cette étude, il serait vraiment intéressant :

- ✓ d'étudier l'effet de plusieurs facteurs (la T°, la taille de particules, le Ph de solvant) ;
- ✓ Procéder à une extraction assistée par micro-onde couplée avec les ultrasons ;
- ✓ Caractérisation et quantification des substances phénoliques des grains ;
- ✓ Etudier les autres activités biologiques (in vitro et in vivo) de l'extrait optimal.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adesegun, S.A., Danesi, M.A (2005).** comparison of the therapeutic efficacy of phonophoresis and iontophoresis using dexamethasone sodium phosphate in the management of patients with knee osteoarthritis. *The Nigerian postgraduate medical journal*, 2007, VOL14, N A03, p, 190-194.
- Bachir bay ,M., Meziat ,L., Benchikh ,Y., Louaileche ,H (2014).** Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*Ficus carica* L, Var . azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity .
- Bezerra, M. A., Santelli, R.E., Oliveira, E.P., Villar, L.S. et Escalera, L.A. (2008).** La méthodologie des surfaces de réponse (RSM) comme outil d'optimisation en chimie analytique . *Talanta*, 76 (5), 965-977.
- Bruneton, J., (2009).** Menthe in: Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 4^eéd., Tec & Doc, Paris: ISBN 978-2-7430-1188-8.
- Bouzoubaâ Z., Essoukrati Y., Tahrouch S., Hatimi A., Gharby S., Harhar H., (2014).** Etude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie ('Achefri' et 'Amouslem') du Sud marocain. *Les Technologies De Laboratoire*, 8(34) ,137-138.
- Cardador-Martínez, A., Jiménez-Martínez, C., et Sandoval, G. (2011).** Revalorization of cactus pear (*Opuntia spp.*) wastes as a source of antioxidants. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31, 782-788.
- Cheok, C.Y., Chin, N.L., Yusof, Y.A., Talib, R.A., Law, C.L., (2012).** Optimization of total phenolic content extracted from *Garcinia manihottana* Linn. Hull using response surface methodology versus artificial neural network. *Ind. Crops Prod.* 40, 247–253.
- El-Adawi, H., Abdel-Fattah, Y., & El-Wahab, A. A. (2011).** Application of numerical modeling for optimization of selective hot water extraction of taxifolin from 'milk thistle' seeds. *African Journal of Biotechnology*, 10(48), 9804-9811.
- Eskilsson, C.S., Bjorklund, E. (2000).** Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 902: 227–250
- Gülçin, I., Alici, H. A., and Cesur, M. (2005).** Determination of in vitro antioxidant and radical scavenging activities of propofol. *Chemical & pharmaceutical bulletin*, 53, 281.
- Granato, D. Branco, G. F., & de Araújo Calado, V. M. (2010).** WITHDRAWN: Experimental design and application of response surface methodology for process modelling and optimization: A review. *Food Research International*.
- Kassama, L. S., Shi, J., & Mittal, G. S. (2008).** Optimization of supercritical fluid extraction of lycopene from tomato skin with central composite rotatable design model. *Separation and*

- Purification Technology, 60, 278–284. Prommuak, C., De-Eknamkul, W., & Shotipruk, A. (2008). Extraction of flavonoid and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extracts. *Separation and Purification Technology*, 62, 444–448.
- Koksal, E., Bursal, E., Dikici, E., Tozoglu, F., and Gulcin, I. (2011).** Antioxidant activity of Melissa officinalis leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 217-222.
- Liu, Q. Yang, X. Zhang, L. Majetich, G. (2010). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of chogenic acid from folium eucommiae and evaluation of its antioxidant activity. *Jmed plants res*, 4(23), 2503-2511.
- Mehdi, S., Sellami, R. (2018).** Optimisation d'extraction des composés phénoliques à partir des fleurs d'Opuntia ficus indica. thèse ; Université de Béjaia. p2.
- Nagulendran, K., Velavan, S., Mahesh, R., et Begum, V. H., (2007).** In vitro antioxidant activity and total polyphenolic content of Cyperus rotundus rhizomes. *E-Journal of Chemistry*, 4, 440-449.
- Nacz, M., Shahidi, F., (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of chromatography A*. 1054 (1-2), 95-11.
- Pinelo, M. Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., & Núñez, M. J. (2005).** Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antioxidant activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2111-2117.
- Prommuak, C., De-Eknamkul, W., & Shotipruk, A. (2008).** Extraction of flavonoid and carotenoids from Thai silk waste and antioxidant activity of extracts.
- Shi, J., Yu, J., Pohorly, J., Young, J. C., Bryan, M., & Wu, Y. (2003).** Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *J Food Agric Environ*, 1 (2) . 42-7.
- Uma, D., Ho, C., & Wan Aida, W. (2010).** Optimization of extraction parameters of total phenolic compounds from henna (Lawsonia inermis) leaves. *Sains Malaysiana*, 39(1), 119-128.
- Vatai, T. Skerget, M., et Knez, Z. (2009).** Extraction of phenolic compounds from elderberry and different grape marc varieties using organic solvents and/or supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 90, 246–254.
- Wang, L.Y. Xi, G.S., Zheng, C.Y., Miao, S.F. (2010).** Microwave-assisted extraction of flavonoids from Chinese herb Radix puerariae (Ge Gen). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(4): 304-308.
- Zhang, S., Chen, R., Wu, H., & Wang, C. (2006).** Ginsenoside extraction from Panax quinquefolium L. (American ginseng) root by using ultrahigh pressure. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 57–6.

Annexes

Annexes

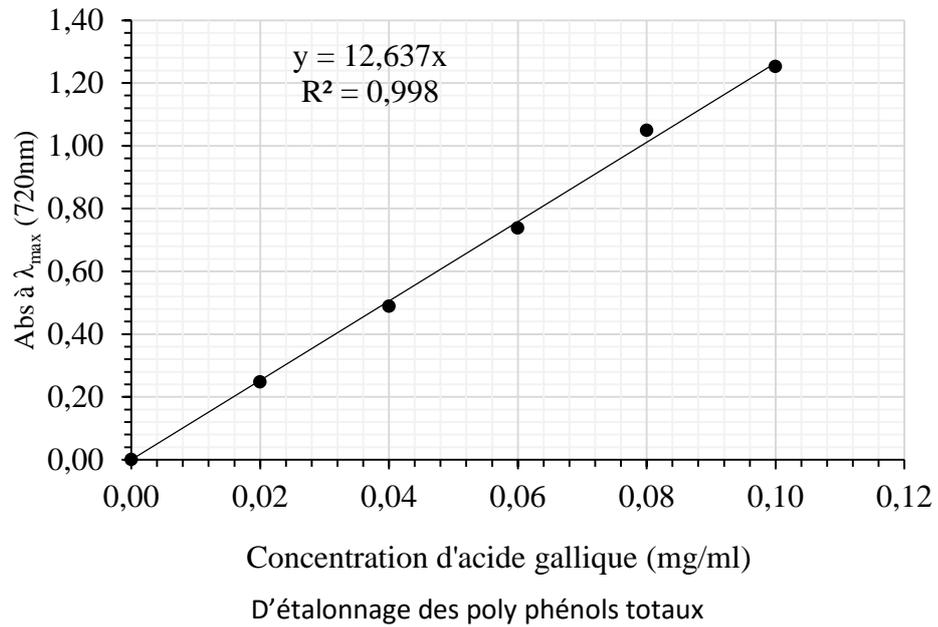
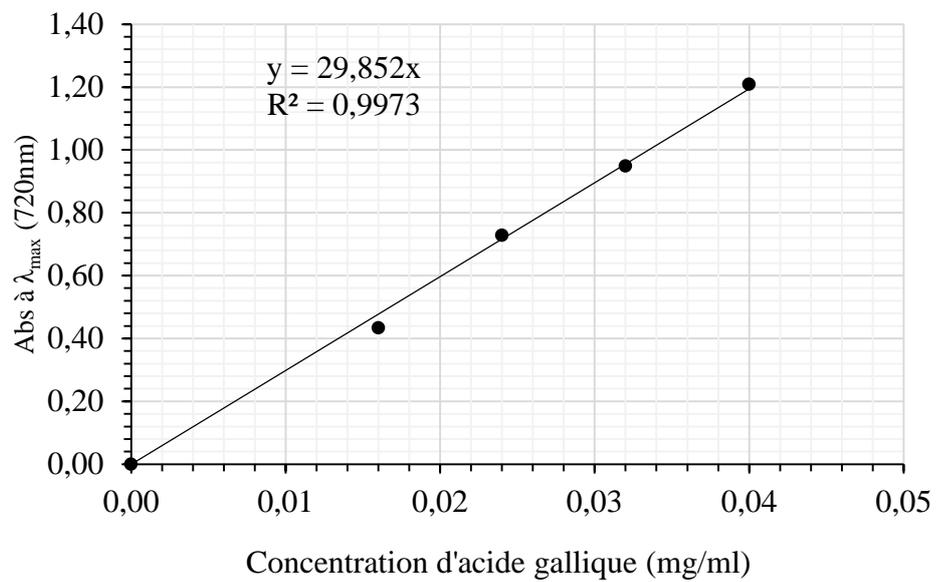
Figure1 :
Courbe

Figure 2 : Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur

ملخص : الهدف من هذه الدراسة هو تحسين ظروف الاستخراج باستخدام منهجية الاستجابة السطحية (ار اس ام), تأثير المتغيرات الاربعة المستقلة (تركيز الاستون , النسبة الصلبة / السائلة , الطاقة ووقت التشييع) على استجابتين (محتوى البوليفينول الكلي والقدرة المختزلة). تساعد (ار اس ام) على تحديد علاقة تقريبية بين استجابات المخرجات ومتغيرات الادخال . القيم التجريبية قريبة من القيم المتوقعة مما يؤكد صحة النموذج الرياضي . القيمة المثلى للمعلمات هي 26,78 % للاستون , و 0,2 جرام للحصة , و 900 واط لقدرة الميكروويف و 03.30 ثانية لوقت التشييع .

الكلمات الرئيسية: البوليفينول , النشاط المضاد للأكسدة , التحسين . النموذج الرياضي. البذور. التين الشوكي ,نبته التين الشوكي , الاستخلاص عن طريق الميكروويف .

Résumé : L'objectif de cette étude est d'optimiser les conditions d'extraction en utilisant la méthodologie des surfaces de réponses (MSR). L'effet des quatre variables indépendantes, (la concentration de l'acétone, le ratio solide/liquide, la puissance et le temps d'irradiation) sur deux réponses (la teneur en polyphénols totaux et le pouvoir réducteur). La méthodologie de surfaces des réponses permet de déterminer une relation d'approximation entre les réponses de sortie et les variables d'entrée. Les valeurs expérimentales sont proche des valeurs prédites ce qui confirme la validité du modèle mathématique. L'optimum des paramètres est 26.78% pour acétone, 0.2g pour la ration, 900W pour la puissance du micro-onde et 03.30s pour le temps d'irradiation.

Mots clés : Polyphénols, pouvoir réducteur, optimisation, plan d'expérience, *Opuntia ficus-indica*, extraction assisté par micro-onde.

Abstract: the objective of this study is to optimize the extraction conditions using response surface methodology (RSM). The effect of the four independent variable (acetone concentration, solid/liquid ratio, power and responses (total polyphenol content and reducing power). RSM helps to determine an approximation relationship between the output responses and the input variable. The experimental values are close to the predicted values which confirms the validity of the mathematical model. The optimum of the parameters is 26,78% for acetone, 0,2g for the ration, 900W for the microwave power and 03,30s for the irradiation time.

Keywords: Polyphénols, anti-oxidant activity, optimization, plan d'expérience, response surface methodology (RSM), *opuntiaficusindica*, extraction assisted by microwave.