

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABDERRAHMANE MIRA – Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique

Mémoire de Master
Discipline : Sciences de la Nature et de la Vie
Option : Biochimie Appliqué

Thème

***Etudes comparatif des teneurs en composés phénoliques de deux
graines de légumineuses (Cicer arietinum.L, Vicia faba minor) :
torréfaction et décortilage***

Présenté par :

M^{elle} Fenniche Sonia

M^{elle} Adouane Hanane

Membre de jury

Président : Mr Hamoum M

Promoteur : Dr Zaidi F

Examinatrice 1: M^{me} Hassissene N

Examineur 2: Mr Bachir B

Année: 2012/2013

Remerciements

Tout d'abord on remerciés le Bon Dieu pour sa Bienveillance

Ma profonde gratitude va :

*A notre promoteur **Mr ZAIDI FARID** pour l'honneur qui nous a fait de nous encadrer, pour ses précieux conseils, ses orientations et la confiance qu'il nous a fait, dont nous garderons les souvenirs de ses qualités profondément humaines.*

Nos sincères remerciements vont également au membre de jury qui ont accepte d'examiner et de juger ce travail.

Nos remerciements vont à tous les enseignants du département de biologie qui ont contribué à notre formation.

L'ensemble de personnel de laboratoire de Nutrition alimentaire (LILA, BIBA SOUHILA, WIZWIZ, NADIA, MARIE ET KARIMA) pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonnes conditions qu'ils nous ont assuré à nous et tous les autres binômes et Laboratoire de Génétique.

Merci également à tous ceux qui ont participé de loin au de près à ce travail, qu'ils trouve ici notre profonde reconnaissance

Enfin nos remerciements sont dressés plus particulièrement à nos familles et nos amis(es) qui ont su nous soutenir, nous encourager, nous aider et nous supporter tout au long des années.

La force d'être deux fait toujours naître de grandes choses

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le Tout puissant est enfin achevé ce travail ; le quel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères ;

A ceux qui mon cœur depuis sa naissance ; n'a pu éprouver qu'amour et reconnaissance ;

A ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance ;

A ceux qui m'ont soutenu nuit et jours et durant tout mon parcours ;

A mes très chers parents : Mohamed et Houria

A ma grande mère : Chrifa

A mon très chères Frère : Slimane

A mes sœurs : Souad, Lamia, Amel, Chahrazed, Rima et Nawel

A Les époux de mes sœur : Kamel, Farid, Omar, Mohand tahar, El hacen

A les enfants de mes sœurs : Romaiassa, Moloud, Missi, Amine, Manel, Yanis et Siline

A Mohcine qui ma toujours soutenue

A tous la famille Adouane

A tous mes amis (es) et toute la promotion de Biochimie Appliquée

Hanane



Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le Tout puissant est enfin achevé ce travail ; le quel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères ;

A ceux qui mon cœur depuis sa naissance ; n'a pu éprouver qu'amour et reconnaissance ;

A ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance ;

A ceux qui m'ont soutenu nuit et jours et durant tout mon parcours ;

A vous mes très chers parents ; Abderrahmane et Malika

A vous mes très chères Frère : Rafik et Ouahab

A ma petit sœur Maissa que j'aime beaucoup

A Salim qui ma toujours soutenue

A tous la famille Fenniche ET Boufenniche

A tous mes amis (es) et toute la promotion de Biochimie Appliquée

SONIA



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I :Graines de légumineuses

I-Production et consommation mondiale

II- Structure et composition de la graine

II-1-Présentation des légumineuses étudiées

II-1-1-Féverole (*Vicia faba minor*)

II-1-2.Pois chiche (*Cicer arietinum L.*)

III-Compositions chimiques globale des graines de légumineuses

III-1- fibres alimentaires

III-2-Amidon

III-3-Teneur en protéines et acides amines

III-4-Lipides

III-5-Vitamines

IV-Facteurs antinutritionnels

IV-1-Composés phénoliques IV-2-Inhibiteurs de protéases

IV-3-Léctines

IV-4-L'acide phytique

IV-5-Saponines

V- Intérêt des graines des légumineuses

Chapitre II : Les composés phénoliques

I-Définition des composés phénoliques

II-Classification des composés phénoliques

II-Classification des composés phénoliques.....	11
II-1-Les composés phénoliques simples et les quinones, les acides phénoliques et les tanins.....	11
II-2-Les flavonoïdes.....	12
II-3-Les anthocyanes.....	13
II-4- Les stilbènes.....	14
II-5-Les Coumarines.....	14
III-Biosynthèses des composés phénoliques.....	15
IV-Propriétés biologiques et pharmacologiques des composés phénoliques.....	15
IV-1 Les flavonoïdes.....	15
IV-2 Anthocyanidines.....	16
IV-3 Les tannins.....	16
IV-4 Les stilbènes.....	16

Partie pratique

Chapitre III : Matériel et méthodes

I-Objectif du travail.....	18
II-Matériels végétales.....	18
II-1-Provenance des échantillons.....	18
II-2-Classification.....	18
II-3-Préparation des échantillons.....	18
II-3-1-Décorticage et Torréfaction.....	18
II-3-2- Broyage et tamisage.....	18
III-Méthodes.....	19
III-1-Extraction des composés phénoliques.....	19
III-2-Dosage des polyphénols totaux solubles.....	20
III-2-1-Principe.....	20
III-2-2-Mode opératoire.....	20
III-3- Dosage des flavonoïdes.....	21
III-3-1.Principe.....	21
III.3.2. Mode opératoire.....	21
III-4-Dosage des tannins condensés.....	21
III-4-1-Principe.....	21

III-4-2-Mode opératoire.....	22
III-5-Dosage des tannins hydrolysables.....	22
III-5-1- Principe.....	22
III-5-2- Mode opératoire.....	22
III-6- Dosage des phénols polymérisés par la méthode de précipitation à la BSA.....	23
III-6-2- Mode opératoire	23
III-7-Dosage des phénols non attachés à la cellulose.....	23
III-7-1- Principe.....	24
III-7-2- Mode opératoire.....	24
III-8- Indice de polymérisation des tannins.....	24
III-8-1-Détermination d'une grandeur LA.....	24
III-8-1-1-Principe.....	24
III-8-1-2-Mode opératoire.....	24
III-8-2-Détermination d'une grandeur V.....	25
III-8-2-1-Principe.....	25
III-8-2-2-Mode opératoire.....	25
IV-Analyse statistiques des résultats	26

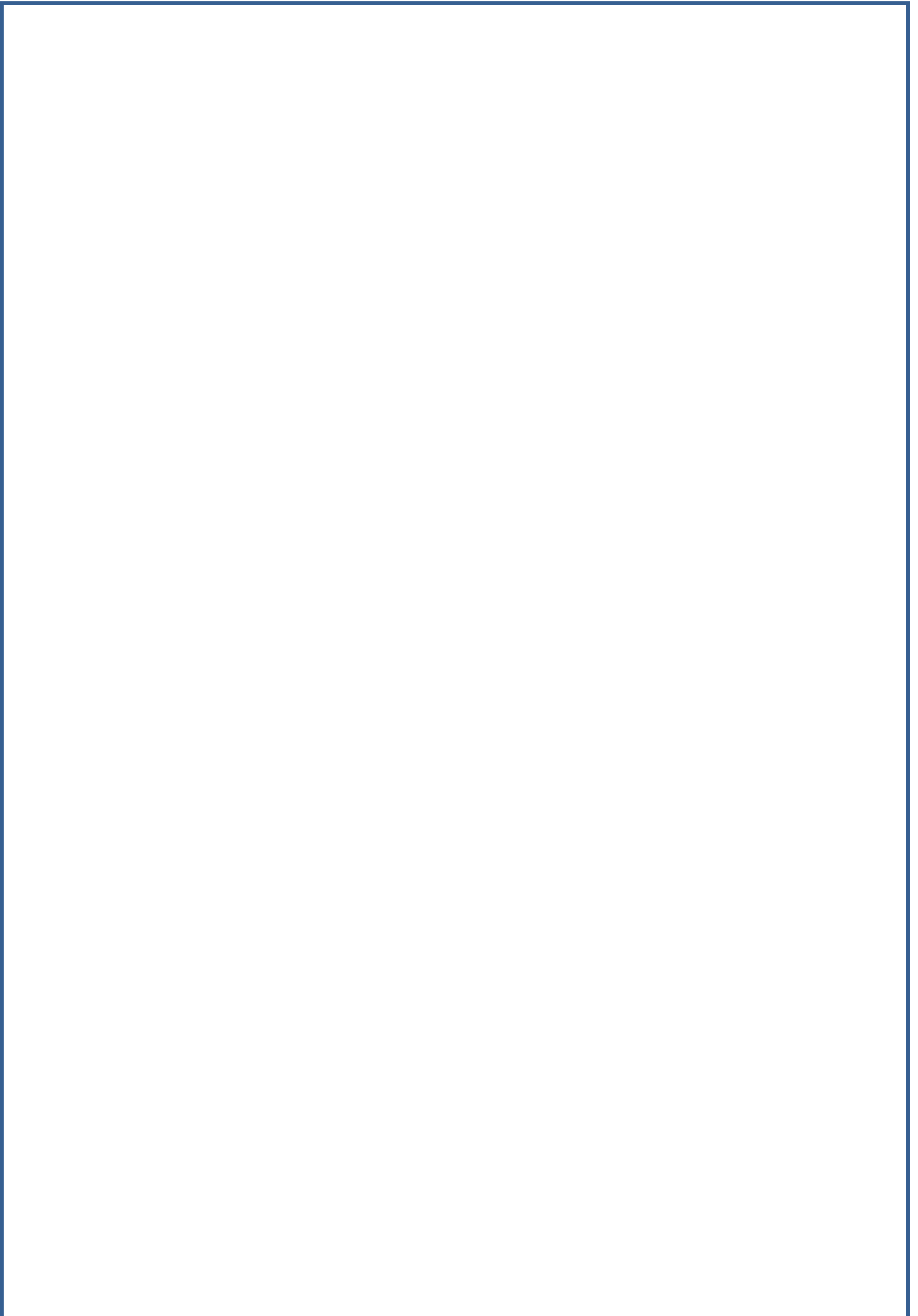
Chapitre IV : Résultats et Discussion

I-Résultats	27
I-1 Effet des différents facteurs (plantes, solvants, torréfaction) sur la teneur en composés phénoliques	27
I-2 Teneurs comparées en composés phénoliques de la Féverole et pois chiche	
I-2-1 Les phénols totaux solubles.....	27
I-2-2-les flavonoïdes.....	28
I-2-3-les tannins condensés.....	28
I-2-4-les tannins hydrolysables.....	29
I-3-Effet du décorticage de la féverole.....	30
I-4-Aptitude des phénols totaux solubles à se lier a des macromolécules (protéine, cellulose).....	31
I-5-Indice de polymérisation.....	33
II-Discussion générales.....	33

Conclusion.....35

Référence bibliographiques

Annexe



Liste des Abréviations

ANF : Facteurs Antinutritionnels

RL : Radicaux Libres

NO : Oxyde nitrique

ADN : Acide Désoxyribonucléique

FAO : Food & Agriculture.Org

BSA : Bovin Sérum Albumine

Liste des figures

Figure 1 : Principale classes de fibres alimentaires.....	04
Figure 2 : Mécanisme d'action d'inhibiteur de protéases.....	07
Figure 3 : Interaction de l'acide phytique avec des ions bivalents.....	08
Figure 4 : Structure de l'Acide gallique (a), tannin condensé(b) et tannin hydrolysable(c)...	11
Figure 5 : structure génétique de flavonoïde major.....	12
Figure 6 : la quercétine, un flavonol insecticide.....	12
Figure 7 : Structure des anthocyanidine major.....	13
Figure 8 : Structure de Resveratrol.....	13
Figure 9 : Structure de coumarine.....	14
Figure 10 : Structure d'acide shikimique (a) et acide cinnamique (b).....	14
Figure 11 : Graine de Féverole et de pois chiche.....	17
Figure 12 : Etuve.....	18
Figure 13 : Mortier (a), Moulin à café(b), Tamiseuse électrique(c)	18
Figure 14 : Protocole d'extraction des composés phénoliques	19
Figure 15 : Protocole de dosage des polyphénols totaux solubles.....	19
Figure 16 : Protocole de dosage des flavonoïdes.....	20
Figure 17 : Protocole de dosage des tannins condensés.....	21
Figure 18 : Protocole de dosage des tannins hydrolysable.....	22
Figure 19 : Protocole de Dosage des phénols polymérisés par la méthode de précipitation par la BSA.....	22
Figure 20 : Protocole de Dosage des phénols non attachés à la cellulose.....	23
Figure 21 : Teneurs en polyphénols totaux soluble.....	25
Figure 22 : Teneurs en Flavonoïdes.....	26
Figure 23 : Teneurs en Tannins condensés.....	26
Figure 24 : Teneurs en Tannins Hydrolysable.....	27
Figure 25 : Teneurs en différents composés phénoliques.....	29
Figure 26 : Aptitude des phénols totaux solubles à se lier aux macromolécules (A : cellulose ; B : protéine).....	30
Figure N°27 : Indice de polymérisation.....	31

Liste des Tableaux

Tableau I: Production mondiales (Million MT) de quelques importantes sources de légumineuses.....	03
Tableau II : Evolution de la consommation des légumineuses (Kg/an/personne)...	03
Tableau III : Composition du la graine de pois chiche.....	05
Tableau IV : Composition (mg /g de protéine) en AA essentiels des protéines de quelques légumineuses.....	06
Tableau V : Teneurs en tannins des impulsions communes.....	08
Tableau VI : Protocole de dosage de grandeur V.....	25

Introduction

Les légumineuses occupent une importante place en nutrition humaine, spécialement dans les pays du tiers monde. Les graines considérées comme étant viande du pauvre, sont généralement une très bonne source de protéines et d'hydrate de carbone, assez pauvre en matières grasses.

Ces légumineuses sont de bonnes sources de glucides complexes, protéines et fibres alimentaires, contribuent d'importantes quantités de vitamines et de minéraux, et la valeur énergétique élevée (**Morrow, 1991**).

En plus de leur potentiel nutritionnel, les légumineuses sont connues pour avoir beaucoup d'effets bénéfiques sur la santé humaine dans la réduction de l'index glycémique, la prévention du cancer et de certaines maladies cardio-vasculaire (**Larralde et Martinez.,1991**).

Cependant, les légumineuses alimentaires contiennent de nombreux facteurs antinutritionnels qui réduisent leurs digestion et diminuent considérablement la biodisponibilité des nutriments (**SAHARAN et al,2002**).

La qualité nutritionnelle des légumineuses peut être affectée par de nombreux traitement physique(decorticage,broyage),biochimique(fermentation,germination)et thermique(cuisson, torréfaction...):leurs efficacité dépend de la maitrise de plusieurs paramètres(temperature,temps...).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressées à l'effet de la torréfaction sur la teneurs en diverses composés phénolique contenus dans des grains de légumineuses (*Vicia faba minor* et *Cicer arietinum.L*).

CHAPITRE I

Les graines de légumineuses

La famille botanique des légumineuses à graines est connue sous le nom *Fabaceae*, également dénommée *léguminosae* (**Jezierny et al. 2010**). Ces graines sont une source précieuse de protéines, de glucides, de fibres et une source importante de vitamines et minéraux essentiels (**Roy, 2010**).

On distingue les espèces à graines riches en protéines et en huile, sans amidon, classées comme oléagineux (soja, arachide) et les espèces à graines riches en protéines, classées comme protéagineux (pois, féverole) ou légumes secs (haricot, lentille, pois chiche) (**Ben Friha, 2008**).

Les faits historiques concernant les légumineuses sont aussi variés qu'il peut y avoir d'espèces végétales (**Werry et Grignac, 1989**).

Les graines de légumineuses furent parmi les premières cultures vivrières réalisées par l'homme. Leur histoire, comme plantes cultivées, remonte aux temps néolithiques, lorsque l'homme passa de la chasse et de la cueillette à la production de ses aliments et conduisit à son tour, étape par étape, à la civilisation urbaine (**Aykroyd et Doughty, 1982**).

Les migrations des populations, les guerres, et les échanges commerciaux permirent à certaines espèces (arachide, soja, pois, fève) de s'étendre à de nombreuses régions du globe. Les légumineuses à grains ont connu une très forte régression notamment du fait de leur concurrence avec les céréales, mis à part les oléo-protéagineux (soja, arachide) (**Neyra, 1992**).

I-Production et consommation mondiale

Les légumineuses occupent la deuxième place, après les céréales, pour les terres cultivées et la production. En 2004, plus de 300 millions de tonnes de légumineuses à graines ont été produites sur une superficie de 190 millions d'hectares, soit 13% des terres cultivées (**FAO, 2001**).

Les légumineuses sont largement utilisées dans les régions où elles sont produites et ne contribuent que très peu au commerce international (**Singh et al, 1992**).

Au niveau mondial, le Canada constitue le premier exportateur. Les plus grands importateurs sont l'Espagne et l'Inde. Ce dernier pays est le plus important acheteur

de légumineuses destinées à la consommation humaine ; en Espagne, la légumineuse la plus importée est le pois fourrager (**Gordon, 2002**).

En Europe, les principales légumineuses à graines cultivées sont les petits pois (*Pisum sativum*), les féveroles (*Vicia faba minor*) et les lupins (*Lupinus sp.*), Tandis qu'en Argentine, Chine, Inde, États-Unis et Brésil domine le soja (**Karr-Lilienthal et al., 2004**).

L'Asie fournit près de 55% des légumineuses produites dans le monde et l'Inde représente environ 50% du total de la production d'impulsions en Asie (**tableau I**).

Tableau I: Production mondiale (Million MT) de quelques importantes sources de légumineuses (**Singh et al, 1992**).

Constituent/pays	Légumes sec		Germe de soja		Arachide	
	979-1981	1988	1979	1988	1979-1981	1988
Monde	40.81	54.65	85.98	92.33	18.55	22.75
Afrique	5.36	6.87	0.33	0.47	4.53	4.61
Amérique	3.38	3.46	56.10	43.45	1.74	1.97
Amérique de sud	3.01	3.86	18.01	29.76	0.98	0.71
Asie	21.26	23.24	10.34	15.44	11.22	15.38
Europe	2.54	6.91	0.62	2.36	0.02	0.03
Océanie	0.21	1.59	0.09	0.07	0.05	0.05
Inde	10.51	11.23	0.36	1.35	6.00	7.30
Chine	6.65	5.68	8.27	10.92	3.50	5.86

En 2002 la consommation mondiale moyenne de légumineuses est d'environ 6 Kg par année par personne (**Roudaut et Lefrancq, 2005**). La consommation mondiale des légumineuses a connue une baisse considérations dans les années 80 et une légère remontée dans les années 90 (**Tableau II**).

Tableau II : Evolution de la consommation des légumineuses (Kg/an/personne)
(Roudaut et Lefracq, 2005).

Année	1937	1960	1980	1985	1996	2002
Kg/an/personne	5.5	3.7	10	1.4	1.6	2

II- Structure et composition de la graine

La graine de légumineuse parvenue à maturité se compose de trois éléments principaux : l'enveloppe de la graine appelée tégument (15%), les cotylédons (84%) et l'axe de l'embryon (1%) (**Aykrod et Doughty, 1982**).

Elle est protégée par une enveloppe d'épaisseur variable, riche en fibres et pauvre en eau. Les cotylédons assurent les réserves nutritionnelles pour la plantule ; ils sont riches en protide, lipides, glucides (amidon, cellulose, pectine, saccharose) (**Aykroyd et Doughty, 1982**).

II-1-Présentation des légumineuses étudiées

II-1-1-Féverole (*Vicia faba minor*)

La féverole constitue le protéagineux le plus simple à cultiver. Différentes variétés coexistent : des féveroles dites classiques ou colorées contenant des tannins et des féveroles dites blanches, dépourvues de tannins. (**Brévault et al, 2003**).

La valeur nutritive de la féverole a été traditionnellement attribuée à sa teneur élevée en protéines, qui va de 25% à 35% (**Larralde et Martinez, 1991**).

La Féverole contient plus de 60% d'hydrate de carbone, essentiellement composés d'amidon (42%). Sa teneur en amylose est de 30-33% (**Kaysi et Melcion, 1992**).

La teneur en minéraux varie entre 1 à 3,5% ; la *Vicia faba minor* est particulièrement riche en calcium et en fer. La teneur en thiamine, tocophérols, niacine et acide folique est élevée par rapport aux autres graines (**Larralde et Martinez, 1991**).

II-1-2-Pois chiche (*Cicer arietinum L.*)

Le pois chiche est la troisième graine la plus importante dans l'alimentation humaine et la seconde graine cultivée au monde (**Bhatia et al., 2006**).

Le **tableau III** montre que c'est une excellente source de constituant de la graine de pois chiche (**Jambunathan,1991**).

Tableau III : Composition de la graine de pois chiche (**Jambunathan, 1991**).

Source	%
protéines	21.2 à 26.2%
d'hydrate de carbone	38 à 59%
Fibres	3%
huile	4.8 à 5.5%
cendre	3%
calcium	0.2%
Phosphore	0.3%

III-Compositions chimiques globale des graines de légumineuses

Les légumineuses sont une importante source d'énergie, protéines, glucides, fibres, minéraux , vitamines et antioxydants, ainsi que divers composants non alimentaires comme les inhibiteurs de protéases, les tannins, les galactosides et l'acide phytique (**Yadav et al .,2007**).

III-1- fibres alimentaires

Il existe de nombreuses classes de fibres, dont la plupart sont des constituants de la paroi des cellules végétales. Il est possible de distinguer 4 classes majeures (**figure 2**) : lignine, cellulose, hémicellulose et substance pectique (**O'donohue et Debbeire, 2006**).

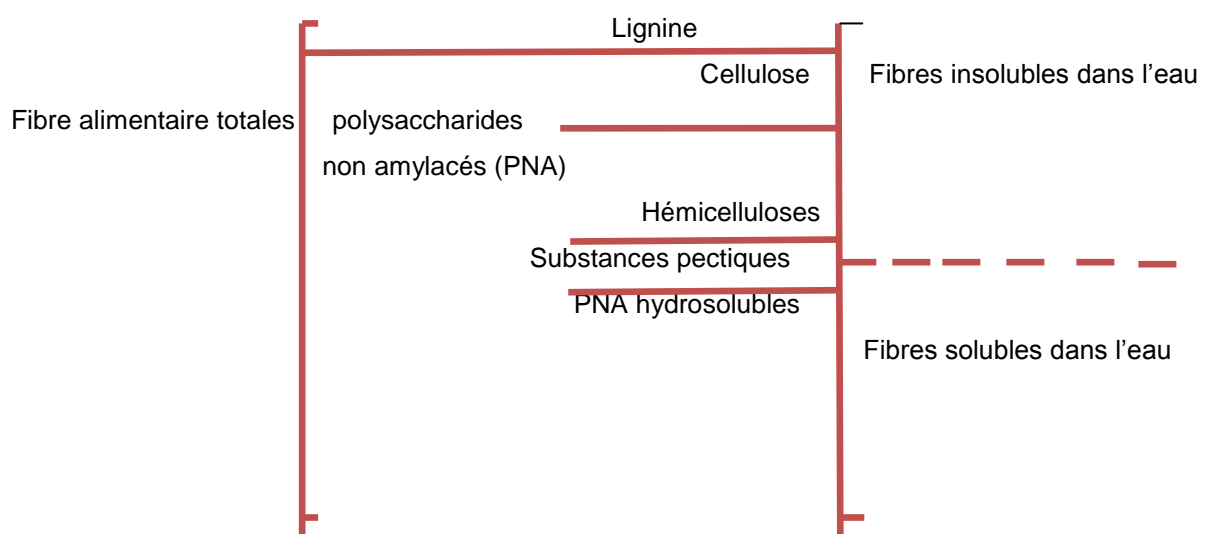


Figure 1 : Principale classes de fibres alimentaires (**Gidenne.,1996**).

III-2-Amidon

Les graines de légumineuses sont particulièrement riches en glucides ; elles renferment 55 à 65% dont la plus grande partie est sous forme d'amidon **(Tremolieres et al.,1984)**.

L'amidon est un glucide complexe, abondant dans les céréales et légumineuses. Il s'agit d'une molécule de réserve énergétique pour les végétaux supérieurs et d'un constituant essentiel de l'alimentation humaine. C'est un mélange de deux homopolymères, l'amylose et l'amylopectine **(Monties et al.,1980)**.

III-3-Teneur en protéines et acides aminés

Les grains de légumineuses accumulent des protéines tout au long de leur développement **(Roy et al.,2010)**.

Le profil en acides aminés d'une protéine est un bon indicateur de sa valeur nutritive potentielle mais peut parfois être fallacieuse si un ou plusieurs acides aminés essentiels sont partiellement disponibles **(Jambunathan, 1991)**. Le **tableau IV** illustre la composition en acides aminés essentiels de quelques légumineuses.

Tableau IV : Composition (mg /g de protéine) en AA essentiels des protéines de quelques légumineuses **(FAO,1995)**.

Acide amine	Pois chiche	Pois sec	Fève	lentille
Arginine	8,8	1,6	9,6	6,9
Cystine	1,2	1,7	1,4	1,9
Isoleucine	4,4	4,1	4,1	3,8
Leucine	7,6	7,0	7,6	7,1
Lysine	7,2	7,2	6,4	7,3
Méthionine	1,4	1,0	0,7	1,6
Alanine	6,6	4,6	4,2	4,6
Valine	4,6	4,6	4,6	7,4

III-4-Lipides

Les grains de légumineuses contiennent 2 à 21% de matières grasses qui comportent des acides gras insaturés et saturés parmi lesquels l'acide linoléique (21-53%), linolénique (4-22%), palmitique et l'acide oléique **(Rocio et al.,2010)**.

III-5-Vitamines

Les graines de légumineuses ne contiennent que de faibles quantités de vitamines liposolubles (provitamine A et vitamines E) .Par contre, elles sont une bonne source

de vitamines hydrosolubles telles que la thiamine et la niacine (**Aykroyd et Doughthy .1982**).

IV-Facteurs antinutritionnels

Dans le but de survivre à l'évolution, les plantes ont développé des défenses contre les herbivores, les microorganismes et les virus par la synthèse de métabolites secondaires comme les lectines et les peptides toxiques (**Enneking et Wink., 1993**).

Leur utilisation comme aliment est très limitée car elle diminue la valeur nutritive des légumineuses et entravent leur utilisation (**Fernandez et al.,1997**).

IV-1-Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont caractérisés par leur aptitude à former des complexes avec les enzymes intestinales et les protéines alimentaires (**Baxter et al.,1997**).Ce sont principalement les tannins (**tableau V**) qui sont impliqués ; en effet ils interviennent dans l'appétibilité des aliments et dans leur sapidité. Un excès de tannins dans la ration peut entraîner un retard de la digestion, et du transit du fait de leur action inhibitrice sur l'activité des enzymes (**Delveau, 1988**).Ils sont localisés principalement dans les téguments des graines (**Haslam, 1994**). Leurs effets biologiques sont dus à leurs capacités à se complexer avec la protéine alimentaire et/ou les enzymes (**Crevieu, 1999**).

Ils engendrent la baisse des digestibilités des protéines ainsi une grande perte d'azote endogène par une abondante sécrétion du mucus et d'enzyme digestives (**haslam, 1994**).

Tableau V: Teneurs en tannins de quelques graines de légumineuses (**Amit et al., 2009**).

Contenu de tannin (mg/g)

Nourriture	Graine entière	cotylédons
Pois chiche	175-590	28
Pois de pigeon	380- 1710	22-43
Fèves de mung	437- 799	21-39
Pois	500- 1090	460-560

IV-2-Inhibiteurs de protéases

Il s'agit des protéines de poids moléculaire entre 5000 et 20000 daltons qui se fixent d'une façon quasi irréversible sur certains enzymes digestive. (**Dupin et al.,1992**).

Les inhibiteur de la trypsine causent une mauvaise digestion des protéines et provoquent ainsi une putréfaction et des gaz (**Diane, 1994**). Les complexe trypsines-inhibiteurs sont excrétés intacts et diminuent donc la digestibilité des protéines. Parallèlement par rétroactions, l'organisme sécrète plus de cholécystokinine compensatoire de trypsine .Il s'ensuit une hypertrophie du pancréas qui signe spécifiquement la présence de facteurs antitrypsiques dans l'aliment (**figure 3**).

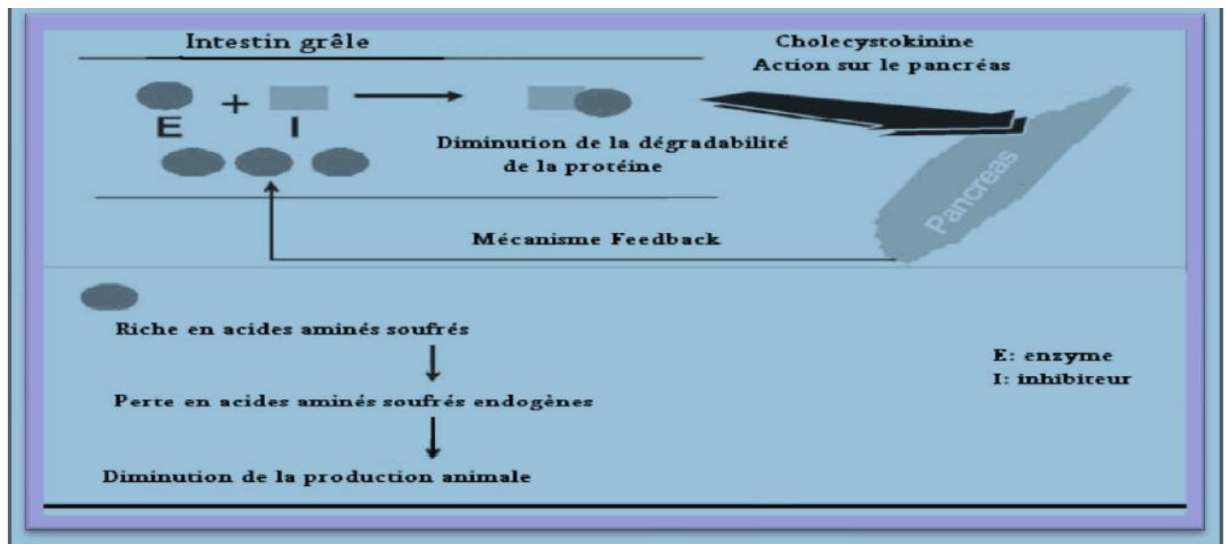


Figure2 : Mécanisme d'action d'inhibiteur de protéases (**Makkar et al., 2007**).

IV-3-Lectines

Ce sont des molécules protéiques de masse moléculaire élevée entre 60000 et 11000 daltons (**Dupin et al., 1992**).

Les effets antinutritionnels ou éventuellement toxiques sont essentiellement dus à leur capacité de fixation sur les glycoprotéines membranaires au niveau de la muqueuse intestinale, entraînant une réduction de la capacité digestive et d'absorption (**Treche, 1994**).

IV-4-L'acide phytique

L'acide phytique est la forme commune de stockage de phosphore dans de nombreuses plantes (**Dai et al.,2007**).C'est un composé naturel forme lors de la maturation des graines de légumineuses et céréales (**Mak et al.,2004**).

Ils s'agit d'un polyacide(hexameta phosphate de myoinositol) capable de forme des complexe avec les cations divalents(Fer, Zinc, Calcium, Magnésium, Manganèses, Cuivre)(**figure4**) dont l'assimilation est alors perturbée(**Dupin et al.,1992**).le principale effet antinutritionnel de l'acide et sa forte capacité à se lier aux minéraux réduisant leur biodisponibilité(**Park et al.,2006**).

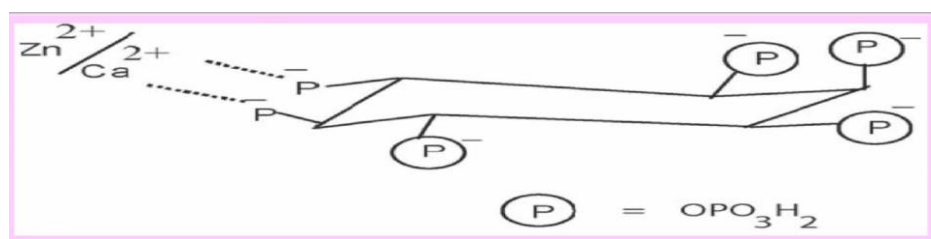


Figure 3 : Interaction de l'acide phytique avec des ions bivalents (**Makkar et al., 2007**).

IV-5-Saponines

Le terme <saponine> définit un groupe de composés naturels (**Vincken et al., 2007**). Du latin<soap>, ce terme signifie <savon> du fait que ces composés forment des mousses semblables à celles formées par le savon quand ils sont mélangés à l'eau (**Shi et al., 2009**).

Il y a deux raisons principales de leur activité physiologique : leur interaction physique puissante, comme des agents tensio-actifs, avec d'autres composants du tractus digestif et de leur capacité d'agir l'un sur l'autre avec les membranes des cellules des muqueuses. Ces interactions physiologiques peuvent empêcher la prise nutritive. (**Tava et al.,1993**).

V- Intérêt des graines des légumineuses

Au-delà de leur intérêt nutritionnel, des études expérimentales, épidémiologiques et cliniques montrent des corrélations entre la consommation de légumineuses alimentaires et diminution de l'incidence de plusieurs maladies, comme le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'obésité et le diabète (**Bhathena et al, 2002**).

Une des plus grandes particularités de cette famille, est la présence de ronflements au niveau des racines, appelés nodosités et contenant des bactéries symbiotiques

(du genre rhizobium); ces bactéries sont capables de convertir l'azote atmosphérique en azote organique(NO_3), participant ainsi à la fertilisation des sols.

(Mahnane ,2009-2010).

Les Légumineuses sont aussi considérées comme une excellente source de fourrages, d'engrais verts et produisent un grand nombre de substances médicales

(Unesco, 1960).



CHAPITRE II

Les composés phénoliques

I-Définition des composés phénoliques

Les polyphénols constituent le groupe de métabolites le plus large et le plus répandu du règne végétal et font partie intégrante de l'alimentation humaine et animales (**Martin, 2002**).

L'appellation « polyphénols » ou « composés phénoliques » regroupe un vaste ensemble de plus de 8 000 molécules divisées en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (**Ribéreau, 1968**).

Il est à noter que certains composés appartenant à ces groupes chimiques ne comportent en fait aucun hydroxyle libre ; de même la présence de fonctions phénoliques chez des composés naturels appartenant à d'autres groupes phytochimiques (terpènes, alcaloïdes...) est signalée (**Ribéreau, 1968**).

II-Classification des composés phénoliques

Les composé phénoliques peuvent être regroupés en de nombreuses classes selon le nombre et l'arrangement des atomes de carbone, la nature du squelette carbone et la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique (**Macheix et al.,2006**). **Sandrine Louis (2004)** distingue différents types de composés phénoliques :

II-1-Les composés phénoliques simples et les quinones, les acides phénoliques et les tanins

Les composés simples comme le catéchol ou le phloroglucinol sont relativement peu communs contrairement aux acides phénoliques universellement répandus chez les végétaux. Ils se caractérisent par la perte au moins partielle des chaînes latérales Caractéristiques par rapport à l'acide cinnamique en C₆C₃. La vanilline, aldéhyde en C₆-C₁ est très répandu chez les angiospermes, gymnospermes et fougères

L'hydroquinone (C₆) est la quinone simple la plus courante (surtout chez les Rosaceae et les Ericaceae), l'acide gallique (C₆C₁) est largement répandu, surtout comme constituant des tannins (**Figure 4**).

Les tannins sont des formes phénoliques ayant une masse moléculaire élevée allant de 500 à 3000 Dalton (**Guignard, 2000**) répartis en tannins hydrolysables et tannins condensés.

Les tannins **hydrolysables (Figure4)** : les gallotannins (acide gallique et glucose) et ellagitannins (acide hexahydroxydiphénique) présents uniquement chez les dicotylédones

Les tannins **condensés** (non-hydrolysables, **Figure 4**) : plus répandus dans le règne végétal. Un troisième groupe de tannins, les phlorotanins, a été caractérisé chez diverses algues brunes.

Les tannins sont notamment rencontrés dans les caroubes, les fèves (**Derbel et Ghedira, 2005**).

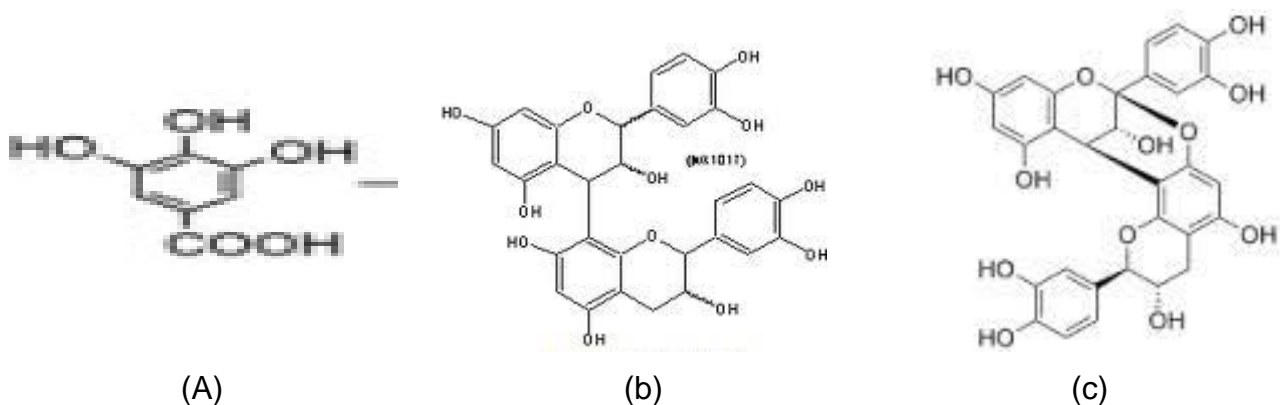


Figure 4 : Structure de l'Acide gallique (a), tannins condensés(b) et tannins hydrolysables(c) (**Sandrine, 2004**).

II-2- Les flavonoïdes

Ce groupe, le plus varié avec 4000 structures différentes, comprend comme son nom l'indique des composés jaunes mais aussi d'autres couleurs ou incolores (**Sandrine, 2004**).

Ce sont des composés phénoliques contenant 15 atomes de carbone (**Crozier et al.,2006**). Ils ont tous en commun la structure de la flavane, 3 cycles avec un hétérocycle dont la configuration variée permet la classification en sous groupes (**Figure 5**) : flavones, flavanones et flavonols, flavanols, flavanediols et la Chalcone dont l'hétérocycle n'est pas formé et qui est un intermédiaire caractéristique de la synthèse des diverses flavonoïdes (**Sandrine, 2004**).

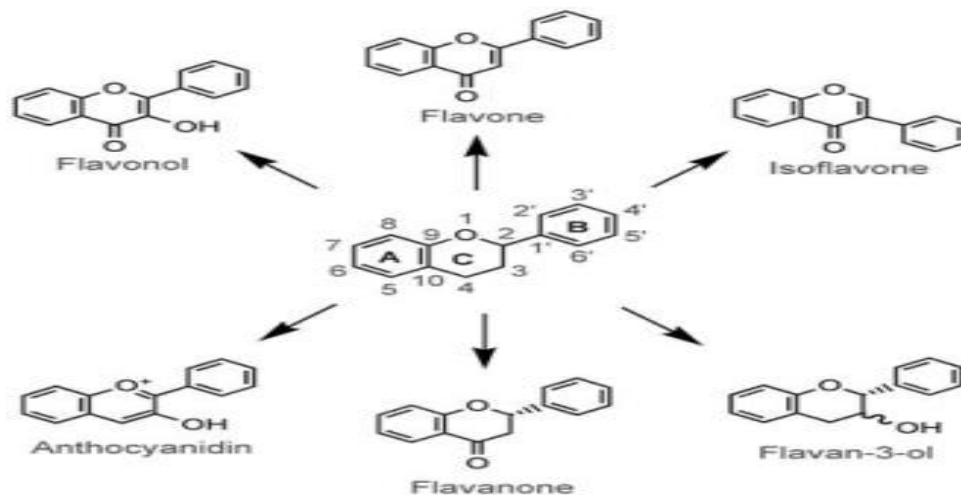


Figure 5: structures chimiques des flavonoïdes major (Alan et al.,2006).

Chaque espèce possède son propre profil de flavonoïdes, stockés principalement dans les vacuoles, et qui absorbent dans les UV et/ou le visible et sont responsables de la couleur jaune ou crème. Ils sont de bons antiappétants voire toxiques pour les insectes (figure 6) (Sandrine, 2004).

Les principales sources alimentaires des flavonoïdes sont le thé, les oignons, les agrumes et les pommes (Alan et al, 2006).

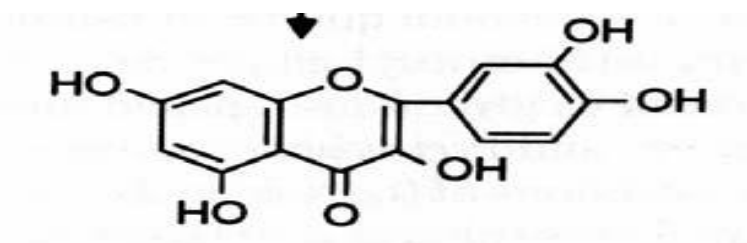


Figure 6 : la quercétine, un flavonol insecticide (Sandrine , 2004).

II-3-Les anthocyanes

Ce sont les aglycones des anthocyanes, pigments vacuolaires rouges ou bleus des végétaux. Plus le nombre de substitutions du cycle B des aglycones est grand, plus la coloration bleue est intense.

La structure des anthocyanes est basée sur celle du sel flavylium. On les retrouve sous forme de glucosides dans les plantes et les aliments de leur aglycones respectifs appelés anthocyanidines (De La Rosa et al., 2010).

Les anthocyanes sont répandus dans plusieurs fruits comme les cerises, les myrtilles, les canneberges, le cassis, le sureau noir et le raisin. Ils sont rencontrés dans des légumes comme les racines de betterave et de radis, les bulbes d'oignon

rouge et dans des boissons comme les jus de fruits, le vin rouge et le thé thrombotiques (Bruneton J ,1999 ; Nijveldt et al,2001).

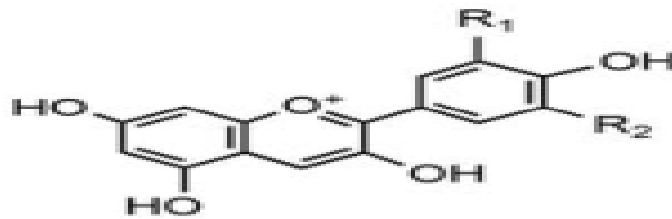


Figure 7: Structures de base d'anthocyanidines major (Alan et al, 2006).

II-4- Les stilbènes

Les stilbènes sont des composés phénoliques possédant deux noyaux benzéniques reliés par un pont éthène (Bruneton J ,1999). Le resvératrol (3-4'-5-trihydroxystilbène) est le seul stilbène identifié dans notre alimentation (Derbel et Ghedira,2005). Dans le règne végétale, le resveratrol est présent en quantité importante dans le raisin (Chira et al.,2008).

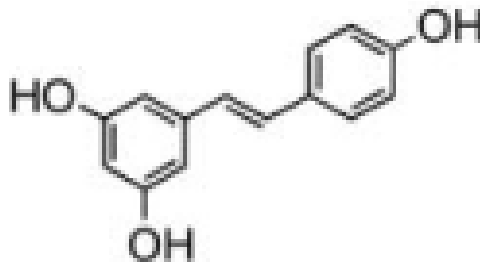


Figure 8: Structure de Resveratrol (Alan et al, 2006)

II-5-Les Coumarines

La coumarine (Figure 9) et ses dérivés (dont plus de 300 structures sont connues), se retrouvent dans 9 familles de Monocotylédones et plus de 70 familles de Dicotylédones (Sandrine, 2004).

Elles possèdent un cycle lactone (cyclisation entre les groupes o-hydroxyle et carboxyle). Elles présentent un intérêt physiologique, inhibant la croissance des graines en germination (Sandrine, 2004).

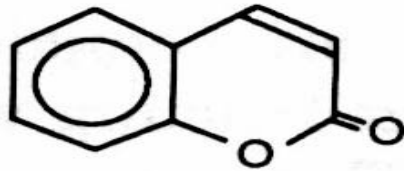


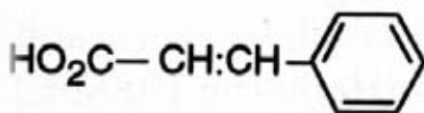
Figure 9 : Structure de coumarine (Sandrine, 2004).

III-Biosynthèses des composés phénoliques

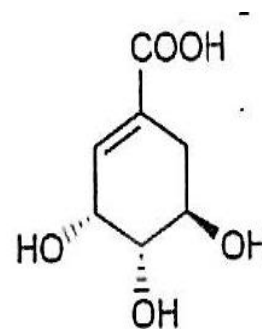
La grande majorité des composés phénoliques dérivent de l'acide cinnamique formé par la voie du shikimate (du nom japonais de l'anis étoilé où il a été découvert) (Figure 10).

La voie de biosynthèse de composés aromatiques à partir du cinnamate est spécifique des végétaux.

De plus, la diversité structurale des composés poly phénoliques, due à cette double origine biosynthétique est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte, les flavonoïdes (Martin, 2002).



(a)



(b)

Figure 10: Structure d'acide shikimique (a) et acide cinnamique (b) (Sandrine, 2004).

IV-Propriétés biologiques et pharmacologiques des composés phénoliques

IV-1 Les flavonoïdes

La principale propriété initialement reconnue aux flavonoïdes est d'être « veino-actifs ». Ils diminuent la perméabilité des capillaires sanguins et renforcent leur résistance. Cette propriété leur a valu, par ailleurs, le nom de « vitamine P » (Derbel et Ghedira, 2005).

Ces composés phénoliques sont en outre des agents antioxydants capables de piéger les radicaux libres (RL). Les flavonoïdes inactivent et stabilisent les RL grâce à leur groupement hydroxyle fortement réactif **(Nijveldt et al, 2001)**.

Ils sont également capables de chélater les ions métalliques, largués à partir de leur protéine de fixation ou de transport. En tant qu'antioxydants, les flavonoïdes sont capables d'inhiber le processus de la carcinogenèse mis en œuvre par des mutations engendrées par l'altération de l'ADN par les radicaux **(Derbel et Ghedira, 2005)**.

En outre, les flavonoïdes inhibent l'angiogenèse, la prolifération cellulaire et affectent le potentiel invasif et métastatique des cellules tumorales **(Nijveldt et al, 2001)**. Ils sont également doués de propriétés hépato protectrices, diurétiques hypocholestérolémiantes, antibactériennes et anti thrombotiques **(Bruneton J ,1999 ; Nijveldt et al, 2001)**.

IV-2 Anthocyanidines

L'effet antioxydant des anthocyanes est expliqué en partie par le piégeage des radicaux libres et la chélation des métaux. Les anthocyanes inhibent les enzymes protéolytiques de dégradation du collagène (élastase, collagénase), ce qui explique leurs propriétés vasoprotectrices et anti-œdémateuses **(Derbel et Ghedira, 2005)**.

Les anthocyanes bloquent la production du NO à partir des polynucléaires neutrophiles au cours de la phase précoce de l'inflammation et sont considérés comme molécules anti-inflammatoire **(Kong et al, 2003)**.

Il s'agit, en outre, de composés veino-actifs doués d'une propriété vitaminique « P » **(Bruneton J ,1999)**.

IV-3 Les tannins

Les tannins sont doués d'un pouvoir antioxydant. C'est ainsi que les tannins hydrolysables inhibent la peroxydation des lipides et que les tannins condensés inhibent la formation des superoxydes.

Ces composés phénoliques inhibent les activités enzymatiques de la protéine-kinase C et sont actifs sur la thermogenèse **(Bruneton J ,1999)**.

IV-4 Les stilbènes

Ses effets vasodilatateurs **(Orallo et al, 2002)**, anti-agrégants plaquettaires **(Bruneton J ,1999)** et sa capacité à prévenir la peroxydation lipidique **(Orallo et al, 2002)** lui confèrent des propriétés cardioprotectrices.

Les propriétés anticancéreuses du resvératrol découlent non seulement de son pouvoir antioxydant (**Bruneton J ,1999 ; Gusman et al ,2001**), mais également de ses propriétés pro-apoptique et antiproliférative (**Gusman et al ,2001**).



PARTIE
PRATIQUE

I-Objectif du travail

L'objectif de ce travail est de comparer les teneurs en composés phénoliques de deux graines de légumineuses (*Vicia faba minor*, *Cicer arietinum.L*).

II-Matériel végétale

II-1-Provenance des échantillons

Les échantillons utilisés dans ce travail ont été récoltés dans la région de Feraoun, wilaya de Bejaia.

II-2-Classification

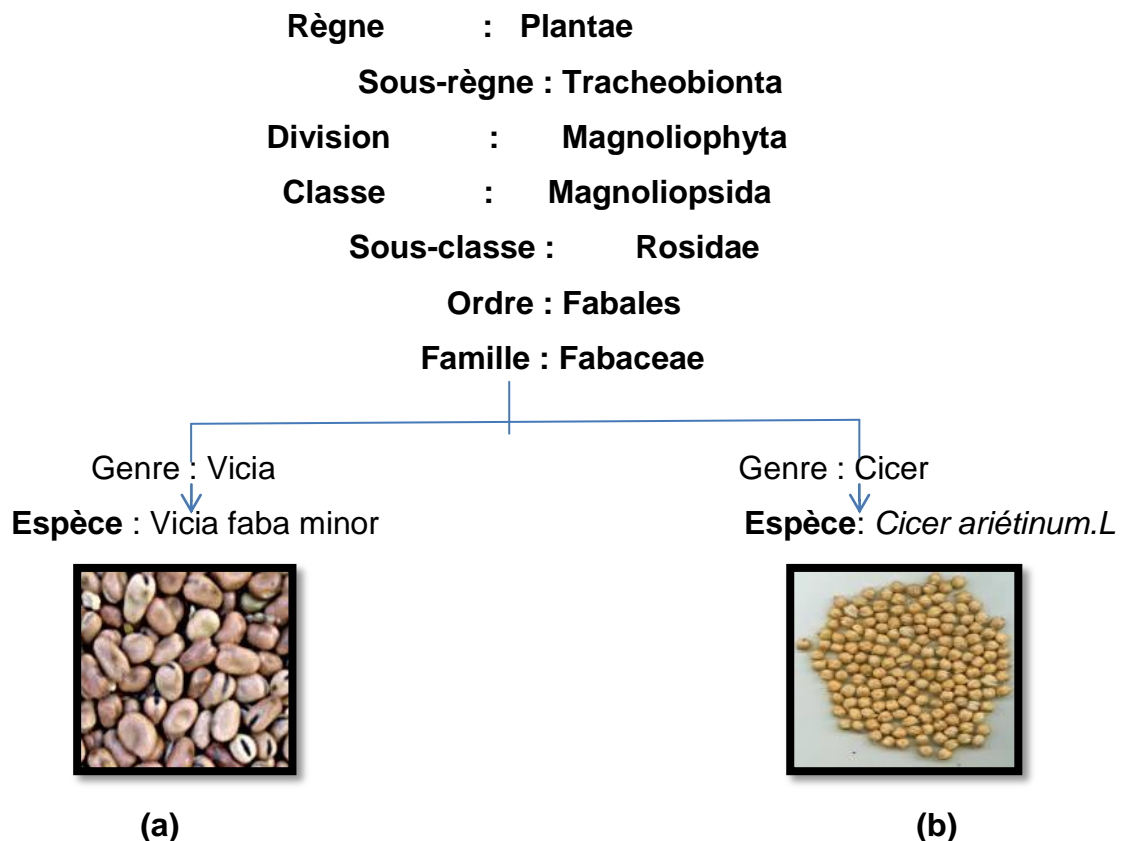


Figure 11 : Graine de Féverole (a) et de pois chiche (b)

II-3-Préparation des échantillons

Les graines de légumineuse ont subi les traitements suivants :

II-3-1-Décorticage et Torrification

Seul les graines de féveroles ont subi un décorticage manuel pour obtenir le cotylédon et le tégument.

- ❖ La torrification est obtenue par exposition des échantillons à 150°C dans une étuve réglée à 150°C pendant 45minute.

Nous avons obtenus au total les huit échantillons suivants qui seront utilisés dans notre analyse :

Pois chiche cru, pois chiche torréfiés, feverole entière cru, féverole entière torréfiés, cotyledon de féverole cru, cotylédon de féverole torréfiés, tégument de féverole cru et tégument de féverole torréfiés.

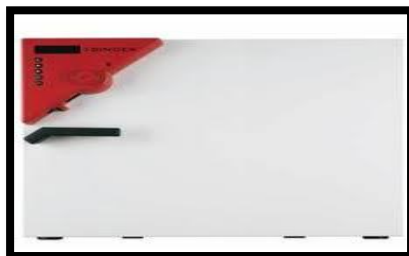


Figure12 : Etuve

II-3-2- Broyage et tamisage

Les échantillons sont concassés avec un mortier puis broyés à l'aide d'un moulin à café jusqu'à l'obtention d'une poudre de 0,5mm de taille des particules .La poudre obtenue est conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute détérioration de l'échantillon.

La poudre est ensuite filtré à l'aide d'une tamiseuse électrique.



(a)



(b)



(c)

Figure13 : Mortier (a), Moulin à café(b), Tamiseuse électrique(c)

III-Méthodes

III-1-Extraction des composés phénoliques

La méthode utilisée (**Figure14**) pour extraire les polyphénols est celle rapportée par **Oomah et al (2010)**. Nous avons utilisées du méthanol (80%) et éthanol (80%) comme solvants d'extraction.

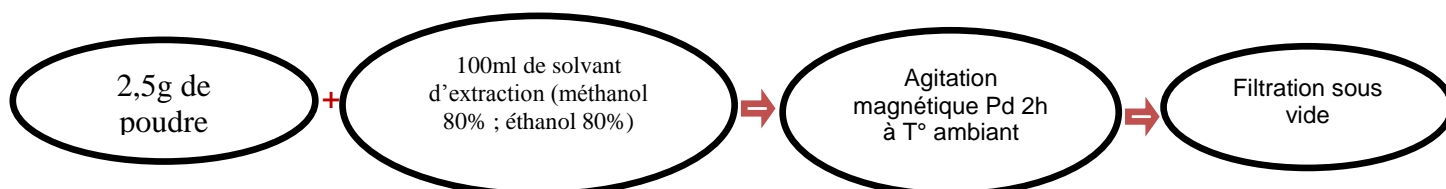


Figure 14 : Protocole d'extraction des composés phénoliques.

III-2-Dosage des polyphénols totaux solubles

Le dosage des polyphénols totaux solubles est réalisé selon la méthode spectrométrique décrite par **Skерget et al (2005)** utilisant le réactif de folin-Ciocalteu.

III-2-1-Principe

Le réactif de folin-ciocalteu voit ses propriétés colorimétriques modifiées lorsque il est complexé avec certaines molécules .Il réagit avec la fonction OH des phénols, constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) est réduit en milieu alcalin, par les composés phénoliques, en oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) **Schofield et al (2001)**.

III-2-2-Mode opératoire

Le dosage PTS est illustré par la figure n°1 ; Les résultats sont rapportés à une courbe d'étalonnage et exprimés en équivalent d'acide gallique. (**Annexe N°02**).

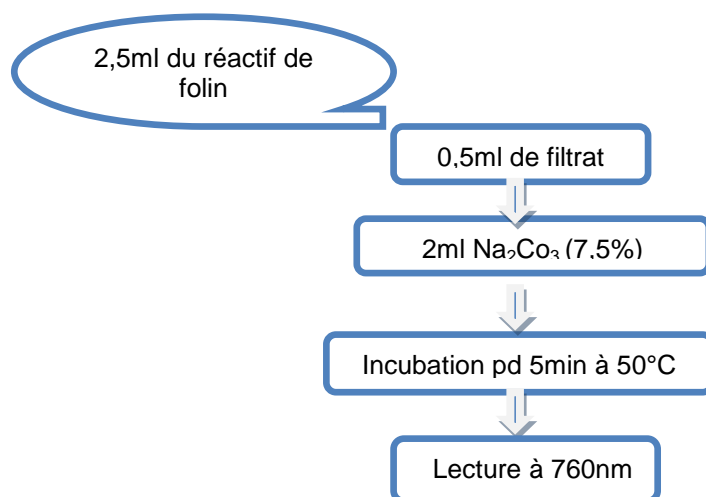


Figure 15: Protocole de dosage des polyphénols totaux solubles.

III-3- Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est réalisé selon la méthode décrite par **Lamaison et Carnat (1990)**.

III-3-1-Principe

Cette méthode est basée sur la formation des complexes jaunâtres (flavonoïde-aluminium) suite à la chélation des métaux Al^{3+} par la réaction du chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), avec les groupements OH des flavonoïdes.

La coloration formée est proportionnelle au taux de flavonoïdes dans le mélange **Ribereau-Gayon (1968)**.

III-3-2- Mode opératoire

- Le dosage des flavonoïdes est illustré par la figure n°2 ; Les résultats sont rapportés à une courbe d'étalonnage et exprimés en équivalent de quercétine (**Annexe N°03**).

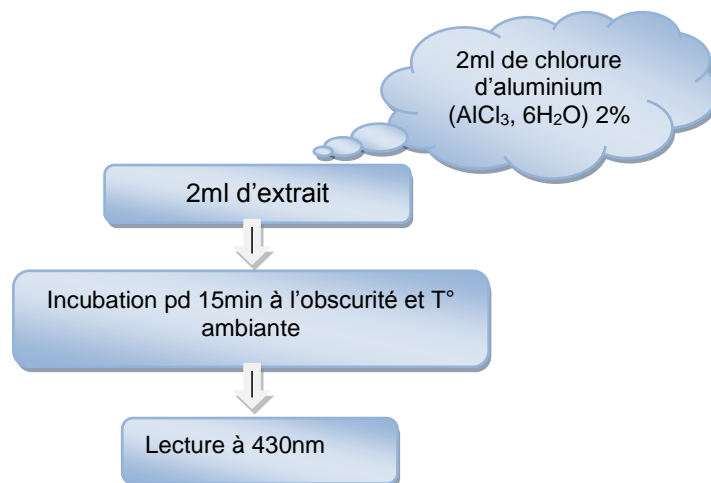


Figure 16 : Protocole de dosage des flavonoïdes.

III-4-Dosage des tannins condensés

Le dosage des tannins (test à la vanilline) est basé selon la méthode de **Desphande et al(1986)**.

III-4-1-Principe

Cette méthode est spécifique aux tannins condensés ; la vanilline se fixe sur le C_6 du cycle de la catéchine (polymérisé ou non) pour former un groupement chloromphore qui donne une coloration rouge.

III-4-2-Mode opératoire

- Le dosage des tannins condensés est illustré par la figure n°3 ; Les résultats sont rapportés à une courbe d'étalonnage et exprimés en équivalent de catechine (**Annexe N°04**).

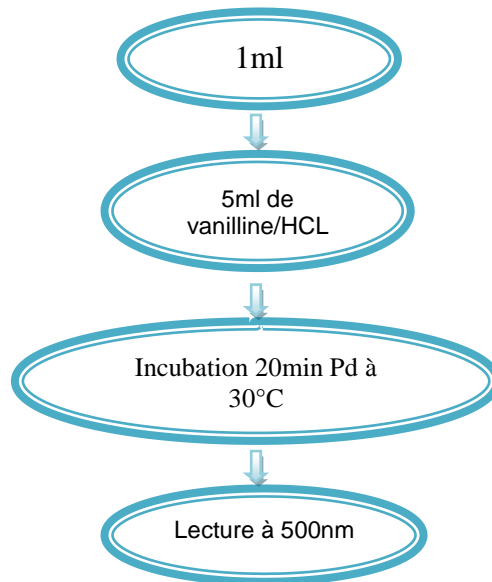


Figure 17 : Protocole de dosage des tannins condensés

III-5-Dosage des tannins hydrolysables

Le dosage des tannins hydrolysables est réalisé selon la méthode décrite par **Scehovic J.(1990)**.

III-5-1- Principe

Cette méthode est basée sur la réaction des tannins hydrolysables avec le chlorure ferrique, qui donne une coloration bleue sombre en présence de tannins hydrolysables.

III-5-2- Mode opératoire

Le dosage des tannins hydrolysable est illustré par la figure n°4 ; Les résultats sont rapportés à une courbe d'étalonnage et exprimés en équivalent d'acide tannique (**Annexe N°05**).

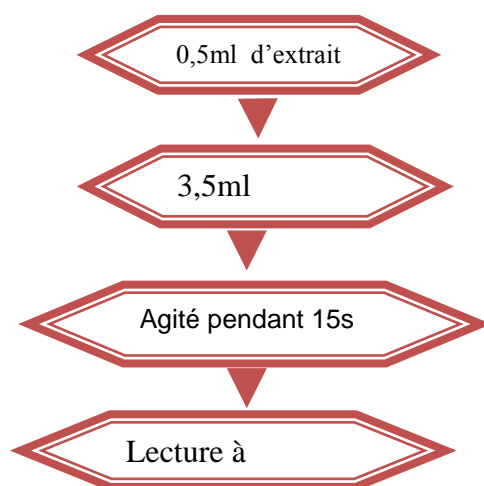


Figure 18 : Protocole de dosage des tannins hydrolysable.

III-6- Dosage des phénols polymérisés par la méthode de précipitation à la BSA

Le dosage des phénols polymérisés est basé selon la méthode **FAO (2000)**.

III-6-1- Mode opératoire

- ❖ Le dosage des phénols polymérisés est illustré par la figure n°5 ; Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique/ml à partir d'une gamme étalon réalisée à différentes concentration (**Annexe N°02**).

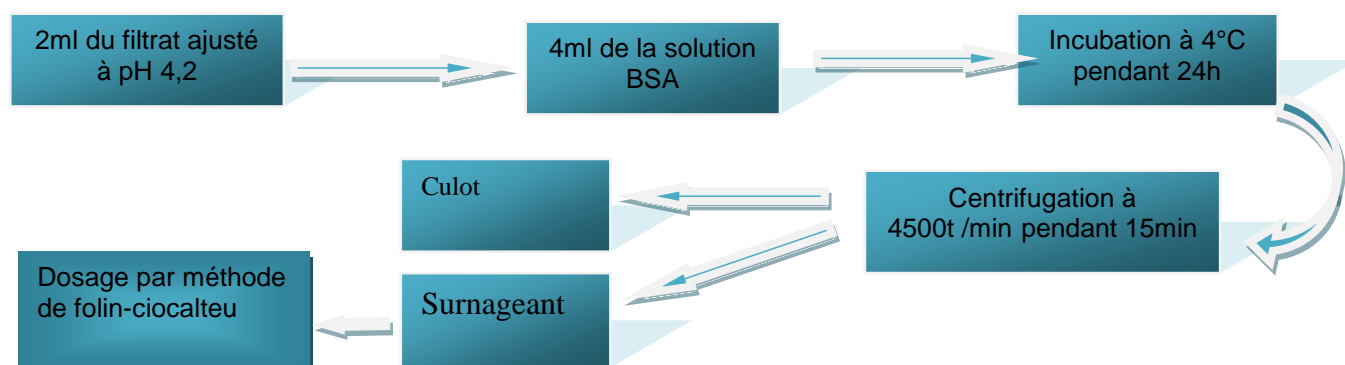


Figure 19: Protocole de Dosage des phénols polymérisés par la méthode de précipitation par la BSA.

III-7-Dosage des phénols non attachés à la cellulose

Le dosage des phénols non attachés à la cellulose est basé selon la méthode **Rehm (2006)**.

III-7-1- Principe

La cellulose réagit avec les phénols pour former un complexe coloré. Cette méthode est basée sur la capacité de la cellulose à se lier avec les phénols en présence de folin-Ciocalteu et chlorure de sodium pour produire un complexe coloré mesuré à 760 nm.

III-7-2- Mode opératoire

Le dosage des phénols non attaché à la cellulose est illustré par la figure n°7.

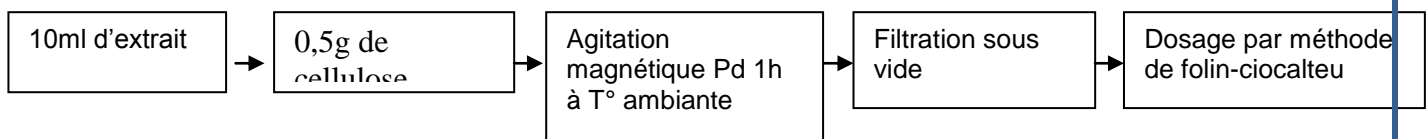


Figure 20 : Protocole de Dosage des phénols non attachés à la cellulose.

III-8-Indice de polymérisation des tannins

III-8-1- Détermination de la grandeur LA

III-8-1-1-Principe

Ce dosage utilise la réaction caractéristique de leur coanthocyanidines, qui par chauffage en milieu acide donnent des anthocyanidines (**Hillis et Swain, 1959**).

Ces auteurs préconisent une détermination calorimétrique à 550nm pour la cyanidine et à 565nm pour le delphianidine, nous essaie préliminaires nous on fait préféré la longueur d'onde 500nm.

La lecture des résultats de tube chauffé par rapport au tube non chauffé.

III-8-1-2-Mode opératoire

Pour chaque échantillon deux tubes à essaie sont préparé de la manière suivante :

- + Tube1 : 1ml de la solution à analyser
3ml d'eau distillée
4ml d'acide chlorhydrique

Ce tube est placé au bain marie bouillante pendant 60min sous réfrigérant.

- + Tube 2 : même préparation que pour le tube 1, mais il n'est pas chauffé
- + 1ml d'éthanol 95% est ajoute en 2 tubes avant la lecture à 500nm.

II-8-2- Détermination de la grandeur V

II-8-2-1-Principe

La vanilline réagit avec les carbones 6 ou 8 des molécules des flavane interviennent dans la structure des tannins condensés. Ainsi chaque fois qu'une molécule de flavane est engagée par ses carbones 6 ou 8 dans un polymère, elle ne réagit plus avec la vanilline donc, pour un même nombre de molécule de flavane, la réaction avec la vanilline aura une intensité d'autant plus faible que le tannin et plus polymérisé. La grandeur V est mesurée à 500nm. La détermination calorimétrique se fait sur le tube chauffée par rapport au tube non chauffée.

III-8-2-2-Mode opératoire

Il dérive de celui décrit par **(Swain et hillis, 1959)**. Ce réactif est constitué par une solution fraîche de 1g de vanilline dans 100ml de H₂SO₄, 70%. La préparation des tubes est illustré par le tableau N°6 suivant :

Tube1(D1)	Tube 2(D2)	Tube 3(D3)	Tube 4(D4)
1ml extrait	1ml extrait	4ml de réactif	4ml de H ₂ SO ₄
+	+	(vanilline/H ₂ SO ₄)	à 70%
4ml de réactif	4ml de H ₂ SO ₄ à		
(vanilline/H ₂ SO ₄)	70%		
+	+	+	+
5ml d'eau distillé	5ml d'eau distillé	6ml d'eau distillé	6ml d'eau distillé
Lecture à 500nm			

Tableau 6 : Protocole de dosage de grandeur V.

✚ D4 c'est un témoin

Expression des résultats :

$$V = D1 - (D2 - D3)$$

IV-Analyse statistiques des résultats

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) au moyen du logiciel Statistica suivie d'une comparaison des moyennes.

I-Résultats

I-1 Effet des différents facteurs (plantes, solvants, torréfaction) sur la teneur en composés phénoliques

L'analyse de la variance (**Annexe N°06**) révèle que pour toutes les classes des composés phénoliques étudiés, les facteurs mise en jeux (plante, solvant et torréfaction) exercent un effet significatif ($p < 0,05$). Cependant il n'existe pas d'interaction entre eux ($p > 0,05$), sauf pour la graine de féverole (interaction entre la plante et torréfaction $p < 0,05$).

I-2 Teneur comparée en composés phénoliques de la Féverole et pois chiche

I-2-1 Les phénols totaux solubles

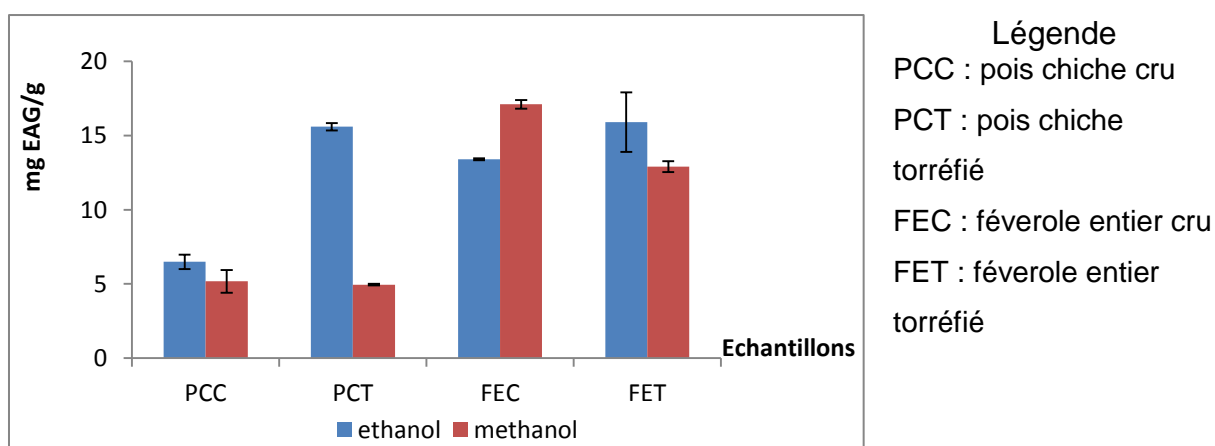


Figure N° 21: Teneurs en polyphénols totaux solubles.

Pour le même solvant d'extraction la féverole est 2(éthanol) à 3(méthanol) fois plus riche en polyphénols totaux solubles que pois chiche cru.

Après torréfaction, les quantités de polyphénols totaux solubilisé par éthanol sont augmente tant pour le pois chiche (140 ,4%) que pour la féverole (18,6%).

Nos notons un phénomène contraire pour le méthanol : baisse de 4,2% et 24% respectivement pour le pois chiche et féverole.

I-2-2-les flavonoïdes

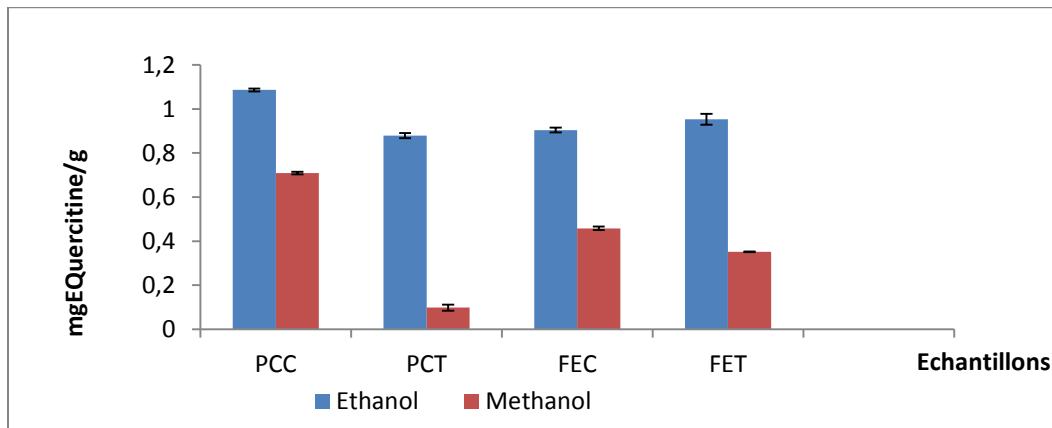


Figure N° 22 : Teneurs en Flavonoïdes

Nos dosages montrent que pour un même solvant, le pois chiche est notamment plus riche en flavonoïde que la féverole : 1,08 mgEQercitine/g (éthanol) et 0,70 mgEQercitine/g (méthanol) pour le pois chiche contre 0,90 mgEQercitine/g (éthanol) et 0,45 mgEQercitine/g (méthanol) pour la féverole soit des différences allant de 20% à 55% en faveur de pois chiche. L'éthanol sévère plus efficace que le méthanol.

Après torréfaction, la quantité de féverole extrait par chacun des solvants diminue de 19,44 à 87,24%, à l'exception de féverole extraite à l'éthanol.

I-2-3-les tannins condensés

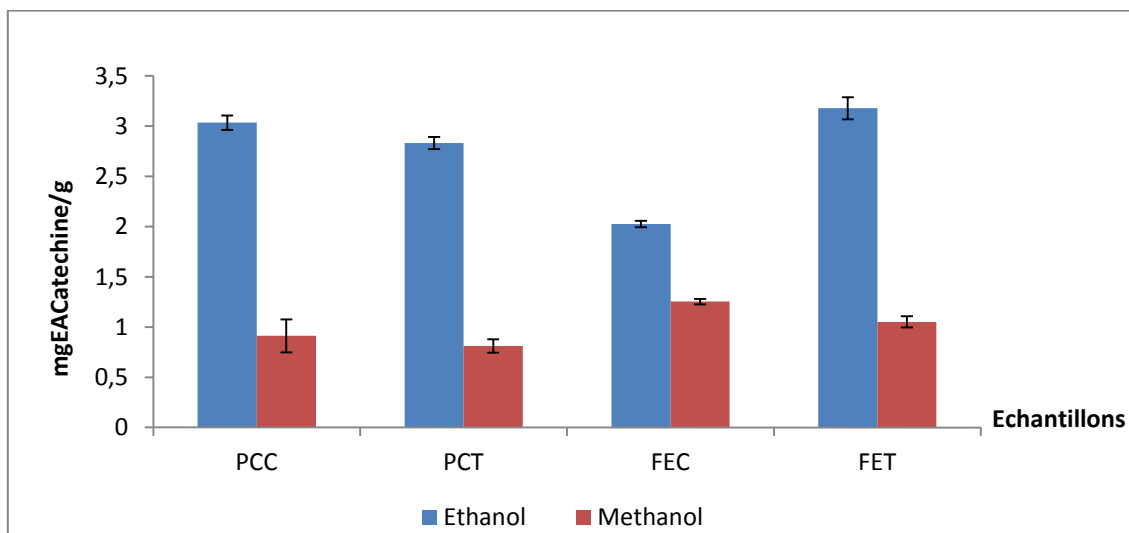


Figure N° 23 : Teneurs en Tannins condensés

Nos résultats montrent que l'éthanol est plus efficace que méthanol pour extraire les tannins condensés de la féverole et pois chiche.

Cette dernière graine s'est avérée plus riche en tannins condensés que la féverole. La torréfaction diminue les teneurs en tannins condensés de pois chiche (6,9 à 10,9%) alors que celle de la féverole augmente après extraction à l'éthanol (56,9%).

I-2-4-les tannins hydrolysables

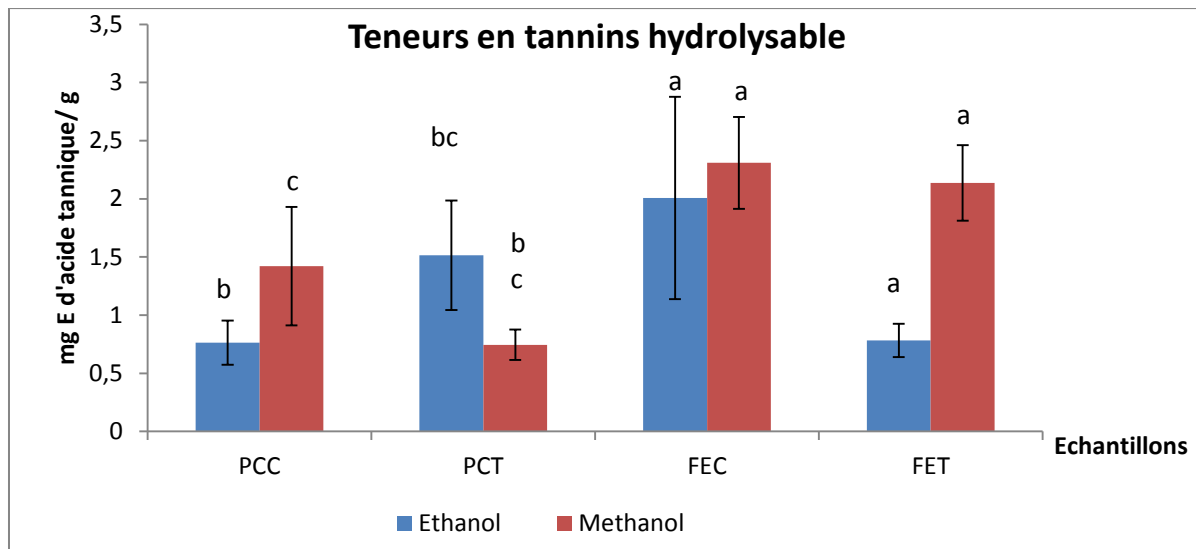


Figure N° 24 : Teneurs en Tannins Hydrolysable

Nos données montrent une variabilité des teneurs.

Quelque soit le solvant considéré la féverole est plus riche en tannins hydrolysables que le pois chiche (2 à 2,3mg/EAT/g contre 0,7 à 1,4 pour le pois chiche).

Le méthanol s'avère plus efficace que l'éthanol pour extraire les tannins hydrolysables (différences de 86,8%).

Après torréfaction les teneurs en tannins hydrolysables diminuent pour le pois chiche extrait par méthanol et la féverole pour les deux solvants ; notons une augmentation des quantités de tannins hydrolysables chez le pois chiche extrait par éthanol (98,6%).

I-3-Effet du décorticage de la féverole

Les résultats rapportés dans la **figure N° 25** montrent que les différents composés dosés sont inégalement repartis au niveau de chacune des parties de la graine.

Nos données révèlent que les téguments représentent la partie de la graine la plus riche en polyphénol totaux soluble(PTS) et en tannins (hydrolysable et condensé) alors que les flavonoïdes sont principalement localisés au niveau de cotylédon.

Le méthanol semble plus efficace pour l'extraction des PTS et tannin condensés(TC) des téguments ; l'éthanol permet de mieux solubiliser les flavonoïdes et les tannins hydrolysables (TH) de ces derniers.

Nous observons un phénomène opposé pour cotylédon de féverole et tégument, le méthanol affiche des rendements d'extraction en TH est plus élevé à celui de éthanol pour cotylédon et tégument ; les TC de cotylédon de féverole et TH de tégument sont par contre mieux solubilisés par l'éthanol.

Pour les flavonoïdes nous révélons un pouvoir extracteur plus élevé pour l'éthanol alors que le méthanol extrait mieux pour les téguments.

La torréfaction de nos échantillons s'accompagne de modification variable des teneurs en divers composés phénoliques.

Nous enregistrons une légère baisse PTS des extrait en méthanol ainsi que pour les cotylédons et téguments extrait à l'éthanol.

Pour les flavonoïdes une augmentation des teneurs est observée pour la féverole et le tégument extrait à l'éthanol ; et l'un est de même pour les téguments extrait au méthanol.

Pour un même solvant, la féverole entier et tégument voient leur teneurs en TH diminuer alors que pour le cotylédon de féverole les teneurs sont par contre augmentées.

La torréfaction s'accompagne d'une baisse de solubilité en TC par le méthanol.

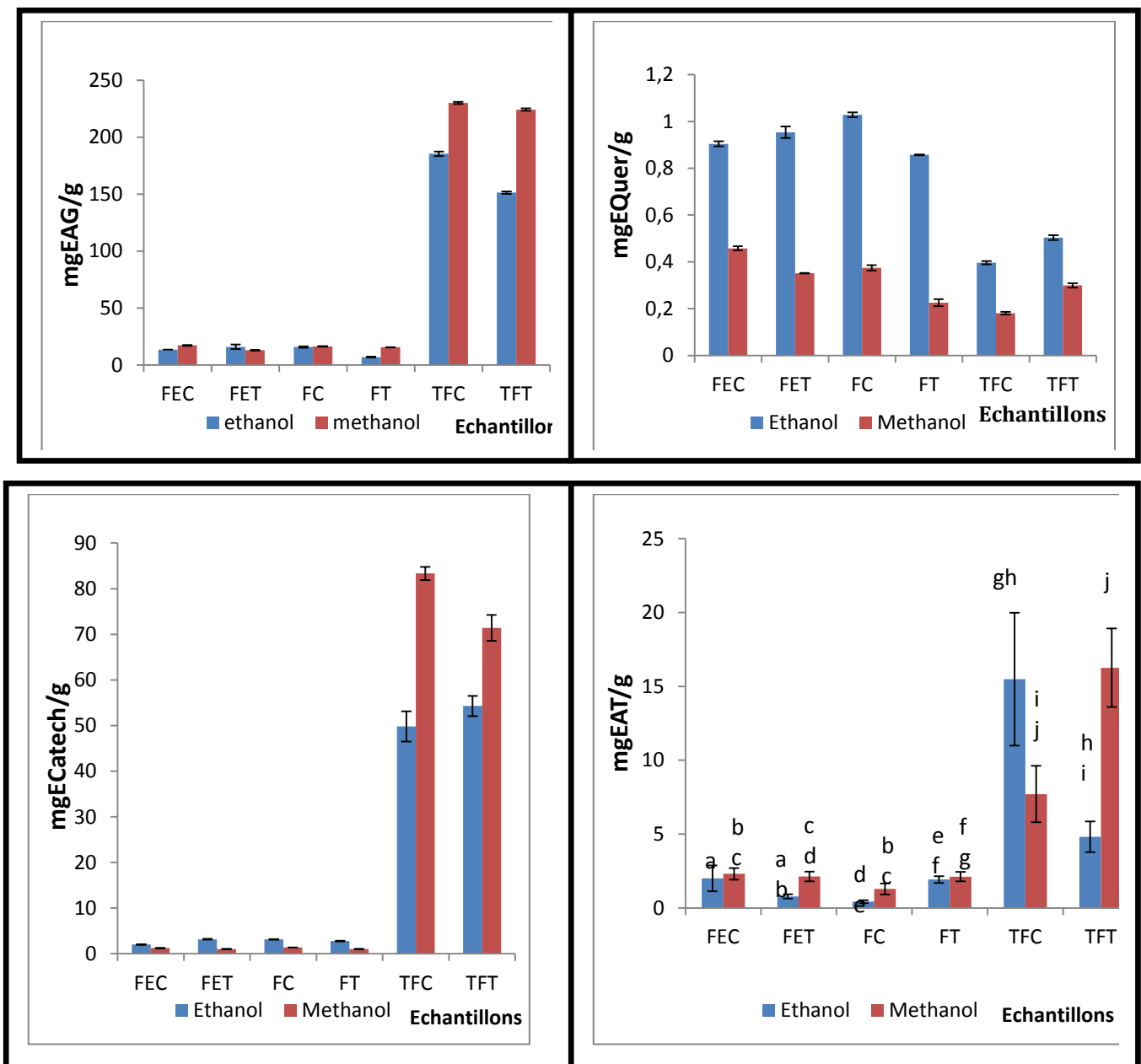


Figure N° 25 : Teneurs en différents composés phénoliques

I-4-Aptitude des phénols totaux solubles à se lier à des macromolécules (protéine, cellulose)

Nos données analytique montrent que les PTS solubilisés par l'éthanol sont plus susceptibles de se liés aux protéines que les extrait au méthanol (4 à 85% contre 24 à 78%) pour le méthanol ; seul le pois chiche cru échappe à cette conclusion.

Nos notons que se sont les téguments qui renferment la plus forte proportion de PTS (77 à 89%) aptes à se lié à la BSA.

L'effet de la torréfaction en semble visible que pour le pois chiche et les cotylédons de féverole extraits à l'éthanol.

L'aptitude de ces PTS à se liés à la cellulose (**figure 26**) est très variable et dépend aussi bien de la partie de la graine utilisés que du solvant d'extraction.

Les téguments de féverole et le pois chiche sont les plus riche en PTS capables de se liés à la cellulose (44 à 58% et 41 à 54% respectivement).

Après torréfaction, cette proportion diminue de 51% à 81,5% de pois chiche (quelque soit le solvant d'extraction) et 63% pour les téguments extraite à méthanol. Nos notons par contre une augmentation de 24,3% pour les téguments extrait à l'éthanol et 71 à 132% pour la graine de la féverole entière.

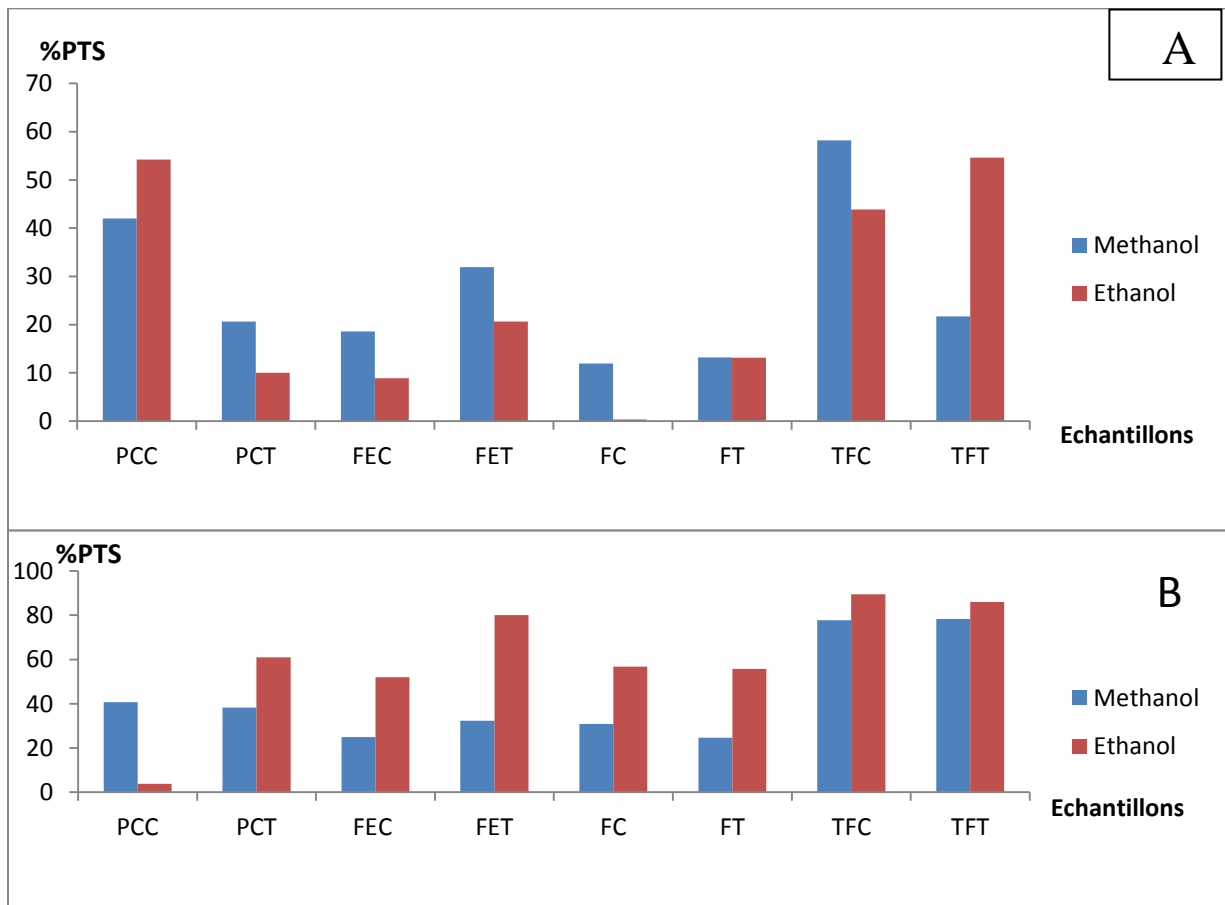


Figure N° 26 : Aptitude des phénols totaux soluble à se lier a des macromolécules

(A : cellulose ; B : protéine).

.I-5-Indice de polymérisation

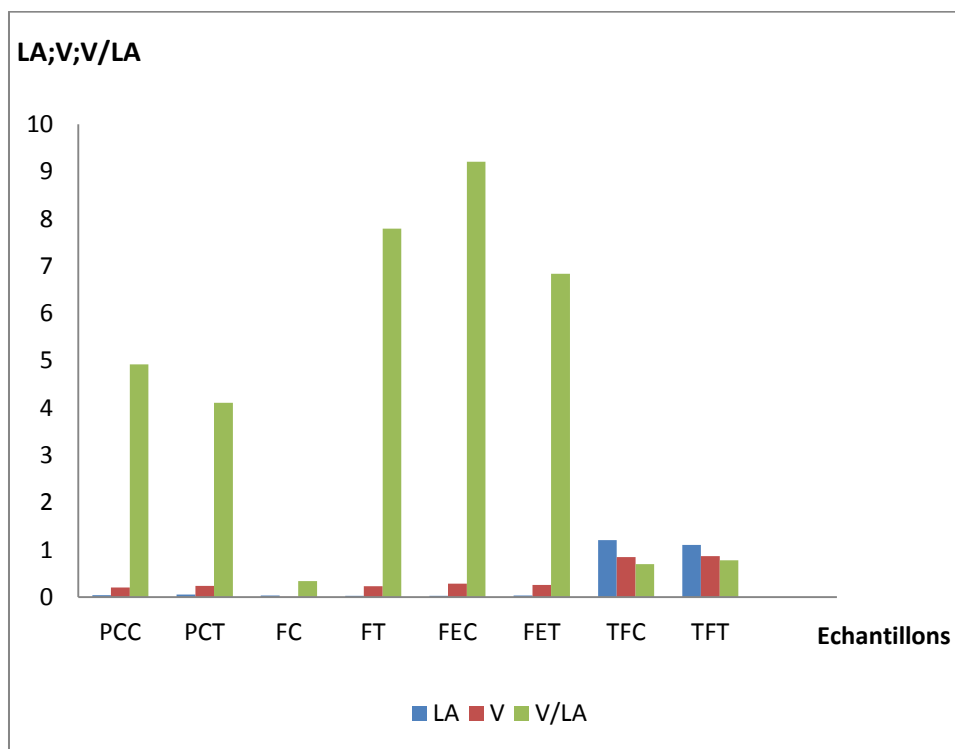


Figure N°27 : Indice de polymérisation

Les données rapportés dans la **figure 27** montrent une grande variabilité des différents indices (LA, V et V/LA) mesurés.

Les téguments de la fève (torréfiées ou non) affichent la plus forte valeur pour LA (1,1 à 1,2) alors que pour les autres échantillons LA est plutôt faible.

La longueur V est plus élevée chez les téguments (0,84 à 0,86) alors que la plus faible valeur est enregistrée pour les cotylédons de la fève. La variation de V entre les autres échantillons reste faible (0,20 à 0,28).

Le rapport V/LA est particulièrement élevé pour la graine de la fève entière (6,8 à 9,2) et le cotylédon de cette dernière (7,7) ; torréfiées ou non la plus faible valeur est révélée pour les téguments testés (0,7 à 0,78).

Discussion générales

Notre travail traite de la comparaison des teneurs en composés phénoliques de *Cicer arietinum*.L et *Vicia faba minor*, torrifiées ou non. Dans une deuxième étape nous nous sommes intéressés à l'effet du décorticage de la fève (torrifiées ou non).

Nos résultats ont montré la présence de diverses classes de composés phénoliques entre les différents échantillons étudiés.

Les teneurs révélées lors de nos dosages varient d'un échantillon à un autre et il est difficile de les comparer aux données de la littérature tant divers facteurs peuvent influencer tels que le cultivar et les conditions d'environnement (**Romani et al,1999.Ranalli et al,2006**), méthode d'extraction-mode, solvant, temps... (**Escribana et Santos,2003**).

Quel que soit le composé phénolique considéré, l'analyse de la variance de nos données pour le pois chiche et la fève révèle un effet hautement significatif ($p < 0,05$) aussi bien de la graine que de la torréfaction.

Les teneurs en composés phénoliques des deux grains s'intègrent dans l'intervalle des données rapportées par différents auteurs (**Chaieb et al. (2011) ; Ghedira(2005) et Khalil et Mansour (1995)**) et confirme la plus grande richesse de la fève en composés phénoliques.

La torréfaction modifie diversement les teneurs en composés phénoliques des échantillons induisant comme le soulignent Ayyagari et al(1989) un changement de solubilité ou de réactivité chimique. Ces deux derniers sont mis en évidence dans notre cas comme en témoignent les différences de solubilisation des composés phénoliques par chacun des deux solvants utilisés et leurs aptitudes à se lier aux macromolécules. Les polyphénols sont de nature thermolabile (**Mittal et al.2012**)

Une redistribution des types de polymères se serait produite pendant le traitement avec événement d'association entre macromolécules (**Redgwell et al.2003**).

La variation de l'indice de polymérisation des composés phénoliques est en faveur de cette hypothèse.

Le décorticage modifie les proportions de composés phénoliques retrouvés dans les différentes parties de la fève. Nos données confirment la localisation des composés

phénoliques essentiellement au niveau des téguments qui s'avèrent une excellente source de polyphénols.

Nos observations s'accordent avec les données de Nasar-Abbas et al. (2008), Wang et al. (2009), Chaieb et al. (2011) et Oomah et al. (2011). Ce sont par ailleurs les composés les plus aptes à se lier aux protéines (85 à 89%) et à la cellulose (44 à 54%).



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et Perspectives

Les graines de légumineuses renferment diverses classes de composés phénoliques avec des teneurs globalement plus élevées dans les téguments.

La fève se distingue du pois chiche par sa richesse en composés phénoliques, particulièrement en tannins.

Nos résultats sont mis en évidence l'aptitude des phénols totaux solubles extraits de *Vicia faba minor* et *Cicer arietinum*. L'aptitude de se lier à des macromolécules (protéine et cellulose).

La torréfaction appliquée révèle la possibilité de réduire les teneurs en facteurs antinutritionnels qui se trouvent dans les graines de légumineuses et minimiser l'effet secondaire de ces facteurs et optimiser la qualité nutritionnelle de ces graines.

Une connaissance approfondie aussi bien des composés phénoliques que des autres constituants des graines de légumineuses permettrait d'ouvrir à ces derniers de nouvelles voies d'utilisation pour exploiter tout leur potentiel. Un tel travail pourrait encourager leurs productions au niveau national.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Alan Crozier, Indu B. Jaganath and Michael N. (2006).**Chapitre 1: Phenols, Polyphenols and Tannins: An Overview. Clifford by Blackwell Publishing Ltd.
- **Amit Kumar Jain, Sudhir Kumar, J.D.S. Panwar.(2009).** Antinutritional factors and their detoxification in pulses. Baraut (Baghpat) U.P. *Agric. Rev.*, 30 (1): 64 - 70
- **Aykroyd W.R, Doughty J. (1982).** Historique. In : Les grains de légumineuses dans l'alimentation humaine. Ed : ISBS. Pp 3-4,28.
- **Ayaagari.R., Narsingha .R., Roy.N... (1989).**Lectin, trypsin inhibitors, BOAA and tannins in legumes and cereals and the effect of processing, *Food Chemistry* 14.Pp 229-238.

B

- **Baxter. Rawel H.M., Meidinier K., Kroll J. (1997).** Binding of selected phenolic compounds to proteins.*J.Agric.Food Chem*, 53, 4228-4235.
- **Bhathena et Velasquez, 2002; Kris-Etherton et al, 2002; Kushi, Meyer, & Jacobs, 1999.**Beneficial role of dietary phytoestrogens in obesity and diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 1191–1201.
- **Bhatia VS., Singh P., Wani SP., Rao K., Srinivas SP. (2006).** Yield gap analysis of soybean, groundnut, pigeonpea and chickpea in India using simulation modeling ICRI SAT. SAT Journal/Journal. Icrisat.oerg. Vol 3; Issue 1.
- **Brévault Nicolas, Mansuy Eric, Crépon Katell, Bouvarel Isabelle, Lessire Michel, Rouillère Henri. (26 et 27 mars 2003).** Utilisation de différentes variétés de féverole pour l'alimentation du poulet biologique .*Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole*, Tours.
- **Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3eme édition. Tec & Doc. Lavoisier, Paris

C

- **Calet. (1992).** Les légumes secs, Apport protidique. Cah. Nut. Diét. 2 : 99-108.
- **Champ M.M.J. (2002)** .Non-nutrient bioactive substances of pulses. Br. J. Nutr. 88 (Suppl. 3), S307–S319.
- **Champ, 2002; Jamroz, D., Kubizna, J. (2008).**Harmful substances in legume seeds - their negative and beneficial properties.Pol. J. Vet. Sci. 11, 389–404.
- **Chaieb N.,Gonzalez J.L, Lopez-Mesas M, Bouzlama M., Valiente M.(2011).**Polyphenols content and antioxidant capacity of thirteen faba bean(*Vicia faba minor*)genotypes cultivated in Tunisia.Food Research International.et al. (2011).
- **Chira, K. ; Suh, J.H. ; Teissedre, P .L. (2008).**Les polyphenols du raisin. Phytotherapie, 6 :75-82.
- **Clarkson PM, S Thompson H. (2000).** Antioxidants: what role do they Play in physical activity and health? Am J ClinNutr 72 (2): 637S-46S.
- **Creveu-Gabriel I. (1999).** Digestion des protéinesvégétales chez les monogastrique : Exemple des protéines de pois Réduire. INRA Productions Animales. Volume 12. N°2.Pages 147-161.
- **Crozier A., Clifford M.N., Ashihara H. (2006).** Plant secondary metabolites, occurrence, structure and role in the human diet: Chapitre VIII. Blackwell publishing Ltd. Pp: 2-12.

D

- **Dai F., Wang J., Zhang S, Xu Z., Zhang G. (2007).** Genotypic and environmental variation in phytic acid content and its relation to protein content and malt quality in barley. Food Chemistry 105.606-611.

- **De La Rosa L.A., Alvarez-parilla E ., Gonzalez-Aguilar G.A. (2010).** Fruit and vegetable phytochemicals. Chemistry, Nutrition value and stability.Chapitre II. Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc. Publication.USA-PP: 53-57.
- **Delveau P. (1988).**Poly phénols et tannins dans l'alimentation. Cah.Nutr. Diet, 23, 137-139.
- **Derbel S et Ghedira K. (2005).**Les phytonutriments et leur impact sur la santé. Tunisie. Phytothérapie. Numéro 1: 28-34.
- **Desphande S.S., Damodaran S., (1989).** Structure-digestibility relationship of legum 7S proteins.J.Food Sci., 54, p.108-113.
- **Diane Langlois (1994).** Alimentation vivante : Manuel de cours de cuisine. Aspects théoriques et pratiques. 2eme Edition. Pp 36,37.
- **D'Mello, J.P.F. (1995).**Anti-nutritional substances in legume seeds. In: D'Mello, J.P.F., Devendra, C. (Eds.), Tropical Legumes in Animal Nutrition. CAB International, Wallingford, pp. 135–172.
- **Dupin H., Duc J.L., Malewiak M. (1992).**Alimentation et nutrition humaine. Paris, p157.

E

- **Enneking D., Wink M. (1993).**Towards the elimination of antinutritional factors in grain legumes. Institute of pharmaceutical biology. In Neuenheimer. Field 364.D 69120.
- **Escribana –Bailon M.T ETSantos-Buelga C. (2003).**Polyphenol extraction from foods.In: Santos-Buelga C., Williamsom G.: Methods in polyphenol analysis.Royal Society of Chemistry, Cambridge, United King Dom, pp: 1-16.

F

- **FAO. (1995).** Le sorgho et les miels dans la nutrition humaine. Ed : Food et Agriculture Org.pp 198.

- **FAO. (2000).** Quantification of Tannins in Tree Foliage. *IAEA*, Vienna.
- **FAO. (2001).** Légumineuses. *FAO/SMIAR. Perspectives de l'alimentation N°4.* P15.
- **Fernandez M., Aranda P., Lopez-Jurado M., Garcia-Fuentes M, Urbano G. (1997).** Bioavailability of Phytic Acid Phosphorus in Processed Viciafaba L. Var. Major. *J. Agric.Food Chem*, 45, 4367-4371.

G

- **GhediraK. (2005)** .Les flavonoids.In: structure, proprietes biologiques, rôle prophylastique et emplois en therapeutique.Pp4, 162-169).
- **Gidenne T.1996.** Conséquences digestives de l'ingestion de fibre et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition des besoins. *INRA Production animales .Volume 9.N°4.Pages 243-254.*
- **Gonzalo G., Mateos., Latos M., et Rozalazoro. (2001).** Traitement de la graine de soja. Département de production animale. Pp 3-6.
- **Gordon. (2002).** Les légumineuses au Moyen-Orient et en Afrique du nord. *Le Bulletin bimensuel*, 22 mars 2002, 15, 5. *Agriculture et Agro-alimentaire Canada.* 4 p.
- **Guignard J. L. (2000).**Les métabolites secondaires. In *biochimie végétale 2eme Edition.* Paris Dounot, 155-176.
- **Gusman J, Malonne H, Atassi G. (2001)** .A reappraisal of the potential chemoprotective and chemotherapeutic properties of resveratrol. *Carcinogenesis* 22 (8): 1111-7.

H

- **Hammerstone J.F., Lazarus S.A., Schmitz H.H. (2000).** Procyanidin content and variation in some commonly consumed food. *The journal of nutrition*, 130, 2086-2092.

- **Haslam E. 1994.** Complexation and oxidative transformation of polyphenols. In: R.Brouillard, M.Jay, A.Scalbert. Polyphenols 94, 17^{eme} international conferences, Palma de Mallorca. INRA. pp 5-55.
- **Hillis, W.C., Swain, T., (1959).** Evolution des tannins au cours d la maturation des fruits (application au raisin) cites par Ribereau Gayon, P. (1964). Ann. Physiol, veg, 6, (4)262-282.
- **Hollman P.C.H., Katan M.B. (1999).** Dietary flavonoids intake and health effects and bioavailability, *Food Chemistry*. 51, 43-46.

J

- **Jambunathan R. (1991).** Uses of Tropical Grain Legumes. I.S.B.N 92-9066-180-1. Pp 11-15.
- **Jen-Kun Lin¹ and Meng-Shih. (2006).** CHAPTER 8: Flavonoids as nutraceuticals. *Institute of Biochemistry and Molecular Biology*. Taiwan University, No.1, Section 1.
- **Jezierny D., Mosenthin R., Bauer E. (2010).** The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology* 157, 11-128.

K

- **Karali. (2000).** Les légumineuses alimentaires en Algérie : état actuel et perspectives de développement. *Agroligne*, 7 : p 15.
- **Khalil A.H., Mansour E.H. (1995).** The effect of cooking, autoclaving and germination on the nutritional quality of faba bean. *Food Chemistry*. Pp 54.
- **Karr-Lilienthal, L.K., Grieshop, C.M., Merchen, N.R., Mahan, D.C., Fahey Jr., G.C. (2004).** Chemical composition and protein quality comparisons of soybean and soybean meals from five leading soybean-producing countries. *J. Agric. Food Chem.* 52, 6193–6199.

- **Kong JM, Chia LS, Goh NK, et al. (2003)** .Analysis and biological activities of anthocyanidins. *Phytochemistry* 64: 923-33.

L

- **Larralde., J.A. Martinez. (1991)**.Nutritional value of faba bean: effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. Departamento de fisiologia animal y nutricionuniversldad de Navarra 31 080 pamplona,Navarra,spain.
- **Larzek Ben Friha F. (2008)**. Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherché de QTL lies au stress salin. These de Doctorat en biologie : Universite de toulouse. Pp 19-22.
- **Liener, 1989**; Antinutritional factors in legume seeds: State of the art. In: Huisman, J., van der Poel, A.F.B., Liener, I.E. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 6–13.

M

- **Macheik , J.J.; Fleuriet, A et Sarni-Manchado, P.(2006)**. Composes phenoliques dans la plante, structure, biosynthese, repartition et role. In : *les polyphenols en agroalimentaire*. Edition Technologie et document. Paris, 380-398.
- **Mahnane wahiba. (2009-2010)**.Appréciation de la diversité génétique du genre *Rétama* par les marqueurs biochimiques/ mémoire.
- **Makkar H.P.S., Siddhuraju P., ET Becker K.2007**.Plant secondary Metabolites. Edition: Humana Press. Page 2-24.
- **Mak W.C., Ng Y.M., Chana C., Kwong W .K., Renneberg R. (2004)**.Novel biosensors for quantitative phytic acid and phytase measurement. *Biosensors and Bioelectronics* 19, 1029-1035.

- **Martin¹ S. Décembre 2002.** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. Issue 6. Volume 5. Pages 304–315.
- **Meskin M.S., Bidlack W.R., Omaye S.T. (2002).** Phytochemicals in nutrition and health: Chapitre IV. CRC Press. USA. PP: 43-44.
- **Monties B., 1980.** L'amidon. In: Les polymers végétaux. Ed: Borads Gauthier-villas. pp 176-231.
- **Morrow, 1991.** The rebirth of legumes: legume production, consumption and export are increasing as more people become aware of legumes nutritional benefits. Food Technol., 45 (1991), pp. 96–121.

N

- **Nasar-Abbas S.M., Plummera J.A., Siddique K.HM., White P., Harris D., Dods K.(2008).** Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening, LWT, 41, 1260-1267.
- **Neyra.(1992).** Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote. 1p. légumineuse/rhizobium. Food & Agriculture Org. 1p.
- **Nguyen et Van Hoan. (2008).** Conditions d'utilisation d'un <cuisseur-extrudeur à très faible coût> pour la fabrication de farines infantiles au Vietnam, Etude bibliographique. Thèse doctorat. Université de Montpellier.
- **Nijveldt R.J., van nood E, vanhoorn .D.E.C. (2001).** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential application. The American journal of nutrition. 74, 418-425.

O

- **O'donohue M.J. et Debbere Ph.(2006).** Fractionnement de la biomasse lignocellulosique en synthons. In : Colona P. chimie verte. Edition : Lavoisier. Pages 22-2

- **Oomah D., Corbe A., Balasubramanian P.(2010).** Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean hulls.*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8225-8230.
- **Oomah B.D.,Caspar F.,Malcolmsom L.J.,Bellido A.S.(2011).**Phenolics and antioxidant activity of lentil and pea hulls.*Food Research International*,44,436-441.
- **Orallo F, Álvarez E, Camiña M, et al. (2002)** .The possible implication of trans-resveratrol in the cardioprotective effects of long-term moderate wineconsumption. *Mol Pharmacol* 61 (2): 294-302.

P

- **Park A.D. Ahn H.J. Kim S. Lee C.H. Byun. LEE J. (2006).**Determination of the phytic acid levels in infant foods using different analytical methods. *Food Control* 17, 727,732.
- **Perrot C.(1995).**Les protéines de pois : de leur fonction dans la graine a leur utilisation en alimentation animale. Edition : INRA Production Animales. Pages 156-157.
- **Porres J.M., Aranda P ., Lopez -Jurado M., Urbano G.,2006.** Nutritional evaluation of protein, phosphorus, calcium and magnesium bioavailability from lupin (*Lupinus albus* var. multolupa)-based diets in growing rats: effect α -galactosidase oligosaccharide extraction and phytase supplementation. *Br. J. Nutr.* 95, 1102-1111.

R

- **Radgwell R.J,Trovato. V,Curti.D.(2003).**Cocoa bean carbohydrates:roasting-induced changes and polymer interaction.*Food Chemistry* 80.Switzerland.Pp 511-516.
- **Ranalli A.,Contento S.,Lucera L.,Di Febo M., Archegiant DR Fonzo V.(2006).**Factor affecting the content of iridoid oleuropein in olive leaves(*Olea europaea* L.).*Journal of Agriculture and Food Chemistry*,54,438-448.
- **Rajni Mittal,HPS Nagi,Priyanka Sharma and Savita Sharma.(2012).**Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour. *Journal of Food and Engineering* 2. Ludhiana 141004,India.Pp 180-186.

- **Rehm H.(2006).** Protein biochemistry and proteomics: Chapitre I.Elsevier.84 Theold's Road,London WC1X 8RR.p:3.
- **Ribéreau-Gayon P. (1968).**Les composés phénoliques des végétaux. Paris :Dunond p223.
- **Roberta M. Giove. (2007).** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes.N°23.Bari
- **Rocio C.V., Guadalupe L.P., Oomah D.P. (2010).**Minor components of pulses and their potential impact on human health. Food Research International, 43,461-482.
- **Romani A., Mulinicci N., Pinelli P., Vincieri F.F et Cimato A. (1999).**Polyphenols content in five Tuscany cultivars of olea europaea I.J.Agric.Food Chem.47.PP:87-96.
- **Roudaut H, Lefrancq E., (2005).** Les legumes et fruits. In: Alimentation theorique. Ed: Amazon.Pp 149-151.
- **Roy F., Boye J.I., Simpson B.K. (2010).**Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. Food Research International.

S

- **Saharan K., Khetarpaul N., Bishnoi S.(2002).**Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of Newly Released Ricebean and Fababean CultivarsDepartment of Foods and Nutrition.CCS Haryana Agricultural University,Hisar 125004,India.
- **Sahnoun Z, Jamoussi K, Zeghal KM (1998).** Radicaux libres et antioxydants : physiologie, pathologie humaine et aspects thérapeutiques (Ile partie). Thérapie 53: 315-39.
- **Sandrine Louis.(2004).** Diversité structurale et d'activité biologique des Albumines entomotoxiques de type 1b des graines de Légumineuses. N° d'ordre 04 ISAL 012. Lyon.

- **Scalbert A, Williamson G .(2000).** Dietary intake and bioavailability of Polyphenols. *J Nutr* 130: 2073S-85S.
- **Scehovic J.1990.** Tannin et autre polymères phénoliques dans les plantes de prairies : détermination de leurs teneur et leur activité biologique. *Revue Suisse Agriculture*. Volume 22. Pages 179-184.
- **Shi J., Xue S. J., Ying Mab., Dong Li., Yukio Kakuda ., Yubin Lan.(2009).** Kinetic study of saponins B stability in navy beans under different processing conditions. *Journal of Food Engineering* 93,59-65.
- **Singh. U and B. Singh. (1992).** Tropical grain legumes as important human foods I U. *Economic Botany* 46(3):310-321.
- **Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, H.R., Simoncic, M., Knez, Z.(2005).** Phenols proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chem.* 89, 191–198.

T

- **Tava, A., Oleszek, W., Jurzysta, M., Berardo, N., Odoardi M.(1993).** Alfalfa saponins and sapogenins: isolation and quantification in two different cultivars. *Phytochemical Analysis*. In: chickpea breeding and management. Pp. 4,269-274.
- **Tremolieres J., Serville Y ., Jacquot R., Dupin H.(1984).** Aliments et nutriments in : *Les bases de l'alimentation* 1 ed, ESFP. P.345.
- **Treche, S.(1994).** L'alimentation de complément du jeune enfant; actes d'un atelier OMS/ORSTOM inter-pays. IRD Editions. L'université Senghor, Alexandrie(Egypte). 114-117 pp.

U

- **Unesco.(1960).** Recherches sur la zone aride - XIII-Les plantes médicinales des régions arides, Pb Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, place de Fontenoy, Paris-7^e.

V

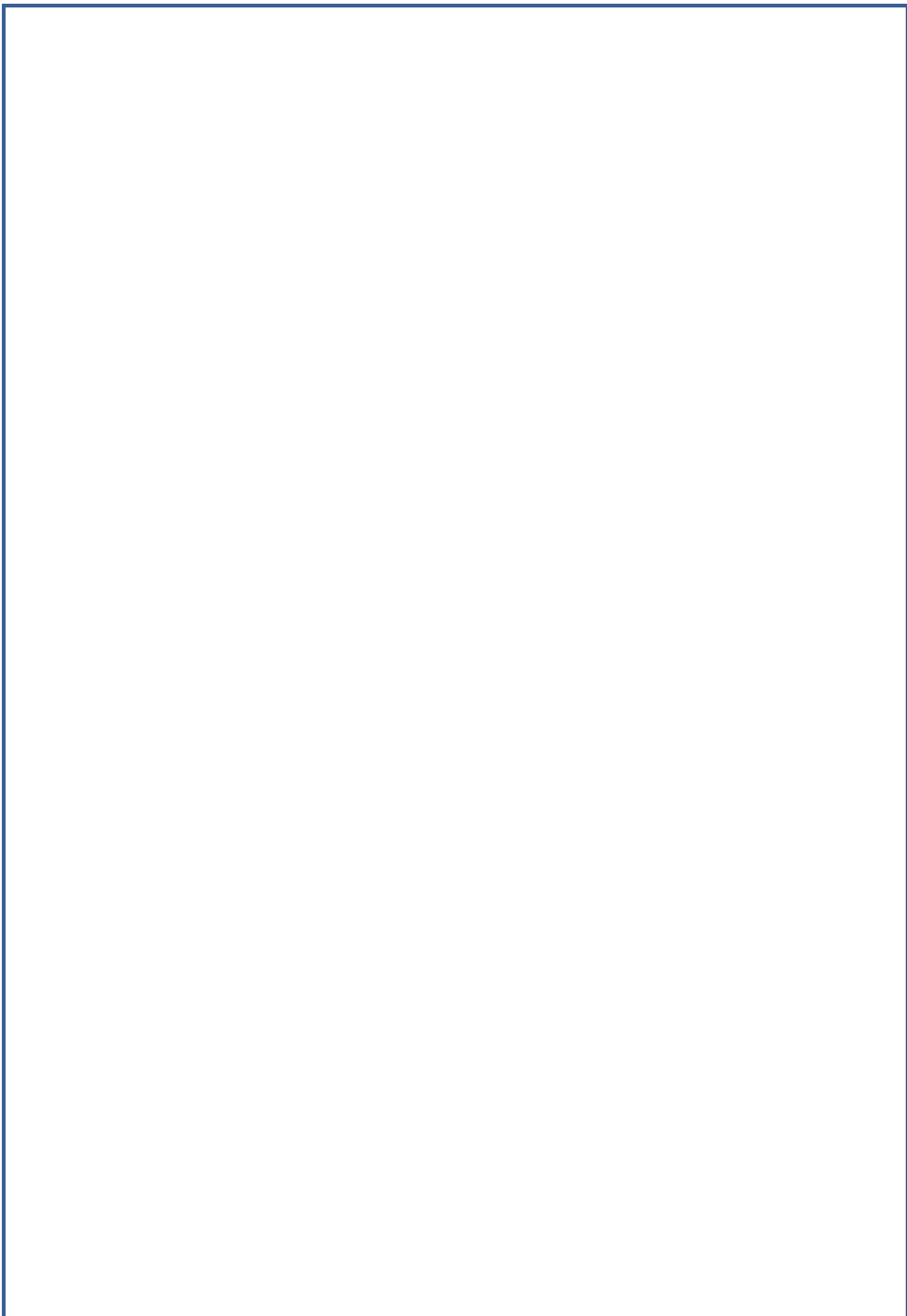
- **Vierling, E.(2008).** Aliments et boissons : Filières et produits. Page: 155-157.Vesse.
- **Vincken J.P., Heng L., Groot A., Gruppen H.(2007).**Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom.Phytochemistry 68,275-297.

W

- **Wang N.,Hatcher D.W., Toews R., Gawalco E,J.(2009).**Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils(*Lens culinaris*).LWT.*Food Science and Technology*,42,842-848.
- **Werry, J et Grignac, C, (1989).**Historique de la domestication des légumineuses .In : Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote : légumineuses/rhizobium.
- **Wink M. (2010).** Functions and biotechnology of plant secondary metabolites; Chapitre III. Willy-Blackwell, a John Willy 8 Sons, Ltd, United Kingdom.Annual Plant Reviews, second edition, volume 39. P: 240.

Y

- **Yadav S.S., Mc Neil D.L., Stevenson P.C. (2007).**In History. Lentil an Ancient Crop for Modern Times.P.O.Box 17, 3300 AA Dordrecht, the Netherlands.





ANNEXES

Annexe N°01

Preparation ethanol 80%:

- 161ml d' ethanol 99%
- Ajuster le volume a 200ml avec l'eau distillée

Preparation ethanol 95%:

- 194 ml d'éthanol 98%
- Ajuster le volume a 200ml avec de l'eau distillée

Préparation de méthanol 80% :

- 161ml de méthanol 99%
- Ajuster le volume a 200ml avec l'eau distillée

Solution de Folin-Ciocalteu (0,1N) :

- 15ml de Folin ciocalteu
- 285ml d'eau distillée

Solution de carbonate de sodium (7,5%) Na_2CO_3 :

- 18,75g de la poudre de Na_2CO_3 dissout dans 250ml l'eau distillée

Solution de chlorure d'aluminium hydrate à 2% ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$):

- 21,87g de la poudre d' AlCl_3 hydrate dissout dans 250ml d'eau distillée

Préparation de vanilline/HCL :

1- 5,8 de vanilline dissoudre dans 100ml de méthanol

2- Acide chlorhydrique à 24% dans le méthanol

- 133,33ml de Hcl à 36%
- Ajuster à 200ml avec le méthanol

3 Les deux volumes de réactif (v/v) sont mélange juste avant utilisation.

Préparation de la solution de chlorure de fer (FeCl_3) :

- 0,405g de FeCl_3 dissout dans 250 ml de Hcl

Préparation de solution de BSA :

- 100mg de BSA dans 100ml de tampon acétate

Préparation de tampon acétate (ph=5) :

- 16,40g d'acétate de sodium a 0,20M
- 9,93g de chlorure de sodium a 0,17M
- Compléter a 1 litre avec de l'eau distillée

Préparation de la solution SDS :

- 5ml de triethanolamine
- 1,5g SDS
- Compléter a 100ml avec de l'eau distillée

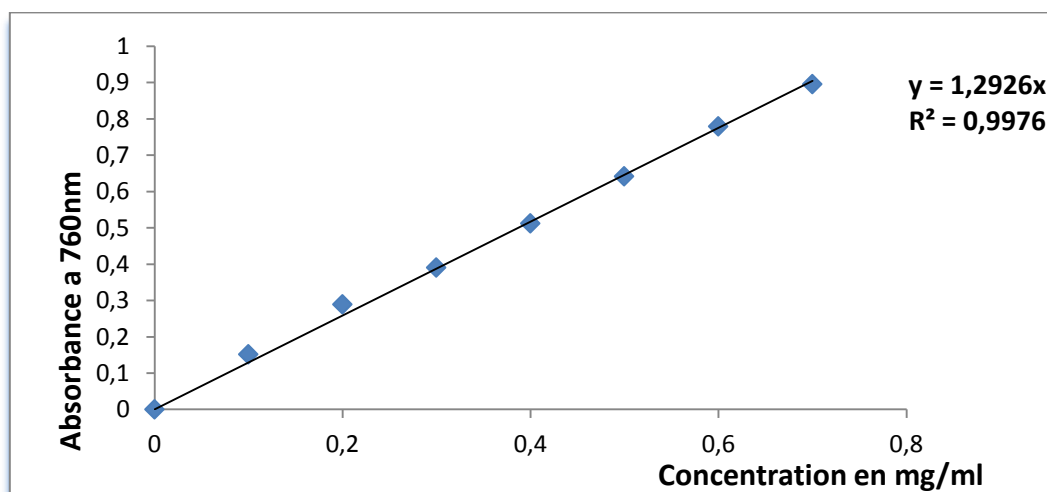
Préparation de l'acide sulfurique a 70%(H₂SO₄) :

- 193ml de H₂SO₄ a 98%
- Ajuster à 270ml avec de l'eau distillée

Préparation de la solution Vanilline/H₂SO₄ :

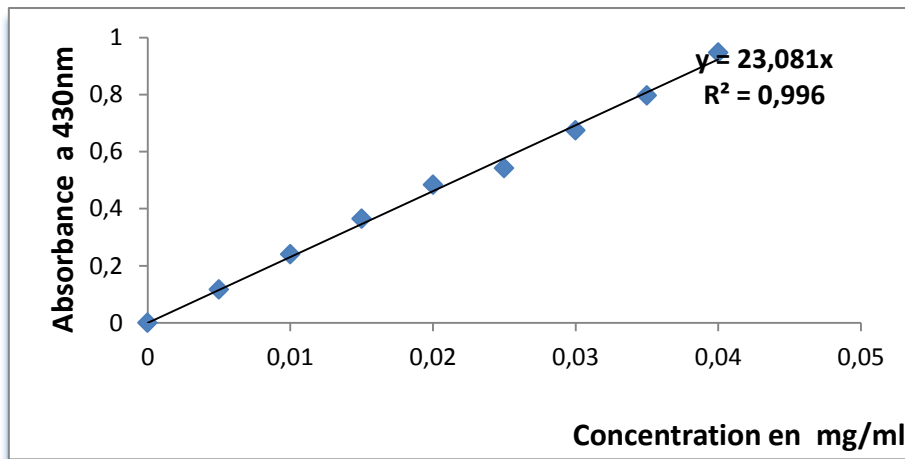
- Dissoudre 2,7g de vanilline dans 270ml de H₂SO₄ (70%)

Annexe N°02



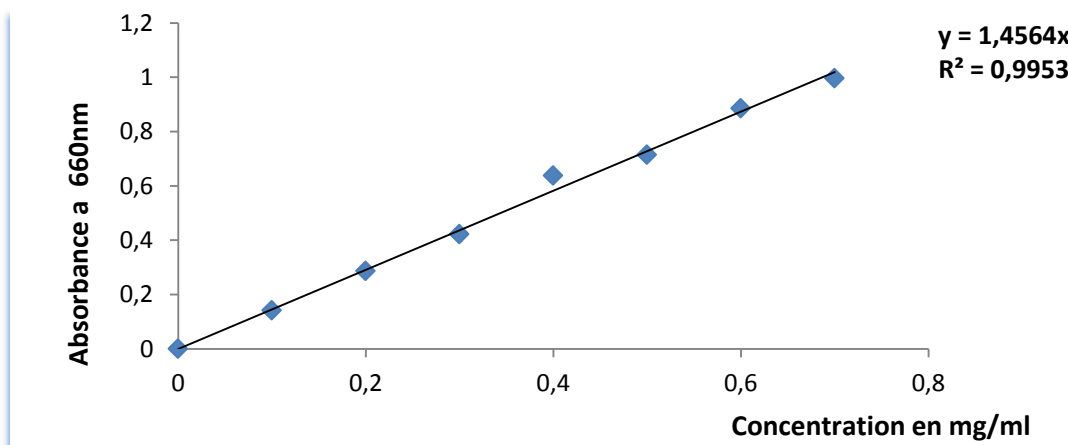
Courbe d'étalonnage de l'acide gallique 1mg/ml

Annexe N°03



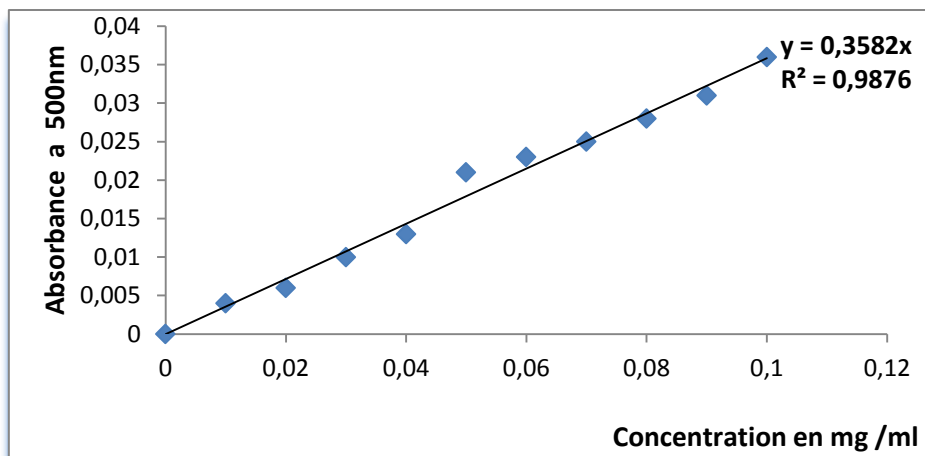
Courbe d'étalonnage de la quercetine 0,1 mg/ml

Annexe N°04



Courbe d'étalonnage de la catéchine

Annexe N°05



Courbe d'étalonnage de l'acide tannique

Annexe N°06

I-Analyse comparés de la variance entre les composés phénoliques de la Fèverole et pois chiche

1- Phénols totaux soluble :

Univariate Tests of Significance for PTS (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	5046	1	5046	5046	0
PLANTE	864	1	864	864	0
SOLVANT	216	1	216	216	0
TORREFAC	54	1	54	54	0,000002
PLANTE*SOLVANT	0	1	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	1	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
Error	16	16	1		

2- Flavonoïdes

Univariate Tests of Significance for	

FLAV (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	5046	1	5046	5046	0
PLANTE	864	1	864	864	0
SOLVANT	216	1	216	216	0
TORREFAC	54	1	54	54	0,000002
PLANTE*SOLVANT	0	1	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	1	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
Error	16	16	1		

3-Tannins condensés

Univariate Tests of Significance for TC (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	297260	1	297260	356712	0
PLANTE	805	1	805	966	0
SOLVANT	187	1	187	224,4	0
TORREFAC	45,4	1	45,4	54,4	0,000002
PLANTE*SOLVANT	1	1	1	1,2	0,280059
PLANTE*TORREFAC	0,4	1	0,4	0,4	0,511903
SOLVANT*TORREFAC	0,4	1	0,4	0,4	0,511903
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0,4	1	0,4	0,4	0,511903
Error	13,3	16	0,8		

4-Tannins hydrolysables

Univariate Tests of Significance for TH (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	298374	1	298374	298374	0
PLANTE	864	1	864	864	0
SOLVANT	216	1	216	216	0
TORREFAC	54	1	54	54	0,000002
PLANTE*SOLVANT	0	1	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	1	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
Error	16	16	1		

5- Phénols simples non attaché à la protéine (PSNP)

Univariate Tests of Significance for PSNP (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	276676	1	276676	553352	0
PLANTE	256	1	256	512	0
SOLVANT	64	1	64	128	0,000003
TORREFAC	16	1	16	32	0,000478
PLANTE*SOLVANT	0	1	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	1	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
Error	4	8	0,5		

6-Phénols simple non attaché à la cellulose

Univariate Tests of Significance for PSNC (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	244036	1	244036	488072	0
PLANTE	256	1	256	512	0
SOLVANT	64	1	64	128	0,000003
TORREFAC	16	1	16	32	0,000478
PLANTE*SOLVANT	0	1	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	1	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
Error	4	8	0,5		

I-3-Analyse des variances de décortilage de la féverole

1- Polyphénols totaux solubles

Univariate Tests of Significance for PTS (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	414950,7	1	414950,7	439359,6	0
PLANTE	136589,4	2	68294,7	72312	0
SOLVANT	294,7	1	294,7	312	0
TORREFAC	78	1	78	82,6	0
PLANTE*SOLVANT	1,4	2	0,7	0,7	0,489855
PLANTE*TORREFAC	0,1	2	0	0	0,971051
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	0,86527
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0,1	2	0	0	0,971051
Error	22,7	24	0,9		

3-Tannins Condensés

Univariate Tests of Significance for TC (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	590080	1	590080	663840	0
PLANTE	3020,1	2	1510	1698,8	0
SOLVANT	294,7	1	294,7	331,5	0
TORREFAC	72,2	1	72,2	81,3	0
PLANTE*SOLVANT	1,4	2	0,7	0,8	0,469132
PLANTE*TORREFAC	0,5	2	0,3	0,3	0,757293
SOLVANT*TORREFAC	0,3	1	0,3	0,3	0,600756
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0,5	2	0,3	0,3	0,757293
Error	21,3	24	0,9		

3-Tannins hydrolysables

Univariate Tests of Significance for TH (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	559254,7	1	559254,7	35445,72	0
PLANTE	2193,4	2	1096,7	69,51	0
SOLVANT	103,4	1	103,4	6,55	0,017205
TORREFAC	342,3	1	342,3	21,69	0,000099
PLANTE*SOLVANT	70,7	2	35,4	2,24	0,12812
PLANTE*TORREFAC	221,2	2	110,6	7,01	0,004006
SOLVANT*TORREFAC	12,2	1	12,2	0,78	0,386981
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	24,5	2	12,2	0,78	0,47127
Error	378,7	24	15,8		

4-Phénols simples non attaché à la protéine

Univariate Tests of Significance for PSNP (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	390150	1	390150	780300	0
PLANTE	1024	2	512	1024	0
SOLVANT	96	1	96	192	0
TORREFAC	24	1	24	48	0,000016
PLANTE*SOLVANT	0	2	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	2	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	2	0	0	1
Error	6	12	0,5		

5- Phénols simples non attaché à la cellulose

Univariate Tests of Significance for PSNC (adstudy.sta)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
		Degr. of			
	SS	Freedom	MS	F	p
Intercept	374000,7	1	374000,7	748001,3	0
PLANTE	341,3	2	170,7	341,3	0
SOLVANT	96	1	96	192	0
TORREFAC	24	1	24	48	0,000016
PLANTE*SOLVANT	0	2	0	0	1
PLANTE*TORREFAC	0	2	0	0	1
SOLVANT*TORREFAC	0	1	0	0	1
PLANTE*SOLVANT*TORREFAC	0	2	0	0	1
Error	6	12	0,5		

Résumé : Le présent travail à été entrepris dans le but de déterminer les teneurs en composés phénoliques de la fève (entière, décortiquées et téguments) et le pois chiche entier dans un premier temps et l'effet de la torréfaction sur ces teneurs dans un deuxième temps. Dans un troisième temps on a essayé de révéler quelques propriétés de ces composés, notamment l'aptitude de liaison avec les macromolécules (protéine, cellulose).

Nos résultats obtenus indiquent que les teneurs maximales en différentes classes de composés phénoliques se situent au niveau des téguments (particulièrement ceux de la fève) et que le pois chiche est plus riche en flavonoïdes.

Les teneurs en composés phénoliques varient en fonction des facteurs mis en jeu (graine, solvant et torréfaction).

Mots clés : Légumineuses secs, pois chiche, Fève, Composés phénoliques, torréfaction.

Summary: This work at summer undertaken with an aim of determining the contents of compounds phenolic of field bean (whole, peeled and teguments) and whole chick-pea initially and the effect of roasting on these contents in the second time. In the third time one tried to reveal some properties of these compounds, in particular the aptitude of connection with the macromolecules (protein, cellulose).

Our results obtained indicate that the maximum contents of various classes of phenolic compounds are at the level of the teguments (particularly those of field bean) and that the chick-pea is richer in flavonoïdes.

The contents of phenolic compounds vary according to the factors put in plays (seed, solvent and roasting).

Key words: Leguminous seeds, Chickpea, Field bean, Phenolic compounds, roasting.