

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE

ET DE LA VIE



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Licence Académique

Filière : Biochimie

Spécialité : Biochimie

THEME

Etude biochimique des tanins végétaux

La promotrice :

Melle MEDILA Ifriqya

Présenté par :

AYADI Siham

DRIDI Naima

FERHAT HAMIDA Sara

Année universitaire 2012-2013

REMERCIEMENT

*Nous remercions tout d'abord **Melle MEDILA Ifriqya** , maîtresse assistante à la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université d'EL-OUED, d'avoir accepté notre encadrement, nous la remercions également pour sa disponibilité et son aide tout au long de cette modeste recherche, qu'elle trouve ici tous nos
gratitude.*

*Nous exprimons notre vifs remerciements à **M. DEROUCHE S.** et **M. CHOUIKHE A.** maîtres assistants à la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université d'EL-OUED, pour ses aide.*

*Nos remerciements bien sûr à toutes nos amies de la promotion pour leur sympathie et leur soutien moral tout le long de ces années de formation
Nous remercions également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

Un grand merci à tous

Sommaire

	Liste des figures
	Liste des tableaux
	Abréviation
Introduction générale	
Chapitre I : Généralité sur les tanins végétaux	
I.1. Définition.....	02
I.2. Les propriétés des tanins.....	02
I.2.1. Les propriétés physico-chimiques.....	02
I.2.1.1. Solubilité des tanins.....	02
I.2.1.2. Formation des complexes avec les protéines.....	03
I.2.1.3. Complexation métal-ion.....	03
I.2.1.4. Liaison aux acides nucléiques.....	03
I.3. Classification.....	04
I.3.1. Tanins hydrolysables.....	04
I.3.2. Tanins condensés.....	05
I.4. Biosynthèse des tanins.....	08
I.4.1. Voie de l'acide shikimique.....	09
I.4.2. Voie d'acétate malonate.....	10
I.5. Les plantes riche en tanins.....	11
I.5.1. Les plantes riche en tanins hydrolysables.....	11
I.5.2. Les plantes riche en tanins condensés.....	11
I.5.3. Localisation des tanins dans les tissus végétaux.....	12
I.5.4. Facteurs de la variation de la teneur en tanins.....	13
Chapitre II : Méthodes d'étude des tanins végétaux	
II.1. Mise en évidence des tanins.....	15
II.1.1. Réaction au chlorure ferrique 1%.....	15
II.1.2. Réaction à l'acétate de plomb 10%.....	15
II.1.3. Réaction au sulfate de cuivre ammoniacal.....	15

II.1.4. Réaction avec l'acide phosphotungstique.....	15
II.1.5. Réaction de STIANY.....	15
II.1.6. Autres réactions de différenciation.....	16
II.2. Méthodes d'extraction des tanins.....	16
II.2.1. Principe.....	16
II.2.2. Méthode d'extraction.....	16
II.3. Méthodes du dosage.....	17
II.3.1. Dosage des phénols totaux.....	17
II.3.2. Dosage des tanins totaux.....	17
II.3.2.1. Méthode chimique.....	17
II.3.2.2. Méthode biologique.....	17
II.3.3. Dosage des tanins condensés.....	18
II.3.3.1. 1 ^{ère} Méthode du dosage des tanins condensés.....	18
II.3.3.2. 2 ^{ème} Méthode du dosage des tanins condensés.....	18
II.3.4. Dosage des tanins hydrolysables.....	19
Chapitre III : Les actions biologiques des tanins	
III.1. Fonctions naturelles des tanins chez les végétaux.....	20
III.2. Les tanins dans la nutrition animale.....	20
III.2.1. Effets des tanins sur la digestibilité.....	21
III.2.1.1. Digestibilité des glucides.....	21
III.2.1.2. Digestibilité des protéines.....	22
III.2.2. Effet toxique et antinutritionnel.....	23
III.2.3. Adaptation des ruminants à la consommation des tanins.....	24
III.2.4. Effets bénéfiques des tanins condensées.....	24
III.2.4.1. Croissance et gain de poids.....	24
III.2.4.2. Production et qualité du lait.....	25
III.2.4.3. Production de laine.....	25
III.2.4.4. Les performances reproductives.....	25
III.3. Les actions pharmacologiques des tanins.....	26
III.3.1. Activité antioxydante.....	26
III.3.2. Activité antiparasitaire.....	27
III.3.3. Activité antibactérienne.....	28

III.3.4. Activité antivirale.....	29
III.3.5. Activité antifongique et anti-levure.....	30
III.3.6. Activité antitumorale.....	30
III.3.7. Activité antiseptique.....	31
III.3.8. Activité antidiarrhéiques.....	31
III.3.9. Prévention des maladies cardiovasculaires.....	31
III. 3.10. Activité thérapeutique due à l'astringence.....	31
III.3.11. Autres activités pharmacologiques des tanins.....	32
Conclusion générale.....	33
Résumé.....	35
Références bibliographique.....	36



Liste des figures

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Figure 01	Structure d'un tanin hydrolysable, le pentagalloylglucose	04
Figure 02	La structure des deux types des tanins hydrolysable	05
Figure 03	Squelette des monomères des pro-anthocyanidines	06
Figure 04	Structure des monomères de flavan-3-ols (a); et exemple de tétramère comportant les deux types de liaisons interflavaniques de type B C4-C6 et C4-C8 et une liaison de type A C2-O-C7(b)	07
Figure 05	Structures d'un tanin condensés	08
Figure 06	Voie shikimate	09
Figure 07	Les étapes de la biosynthèse de tanins condensés	10

Liste des tableaux

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Tableau 01	Teneur en tanins (en % de la matière sèche du végétal) de certaines espèces végétales	14
Tableau 02	Effets in vitro et in vivo des tanins sur des flores du rumen	29



Abréviation

ADN	acide désoxyribonucléotide.
Da	Dalton.
DMACA	α -dimethylaminocinnamaldehyde
DP	degré de polymérisation.
DPPH	1-1 diphényl-2-picrylhydrazyl.
FLU-A	virus d'influenza A.
HHDP	d'acide hexahydroxydiphénique.
HIV	virus de l'immuno déficience humaine.
HSV-1	virus Herpes simplex 1.
HSV-2	virus Herpes simplex 2.
kDa	killo-dalton.
MS	matière sèche.
MRSA	Staphylococcus aureus méthicilline-résistant.
PEP	l'acide phosphoenol pyruvique.
PH	potentielle hydrogène.
PIV	le virus para influenza.
PVPP	polyvinylpolypyrrolidone.
RSV	virus respiratoire syncytial.
THs	tanins hydrolysables.
TCs	tanins condensés.
TTs	tanins totaux

INTRODUCTION GENERALE

 pdfelement

Introduction générale

Les plantes sont capables de produire une grande diversité de produits ne participant pas à leur métabolisme de base, mais représentant plutôt des produits du métabolisme secondaire. Nous pouvons citer comme exemple les alcaloïdes, les terpènes, les stéroïdes, les polyphénols, les huiles essentielles...etc.

Parmi ces composés, les polyphénols représentent l'un des groupes les plus importants du fait qu'ils aient une faible toxicité et de nombreux avantages biologiques, notamment thérapeutiques, pharmaceutiques, cosmétologiques et alimentaires : ils jouent un rôle très important, principalement, dans la lutte contre les cancers, les maladies cardiovasculaires et la peroxydation lipidique (Brunet S., 2008).

Ces dernières années, nous avons assisté à un grand regain des phytothérapeutes pour les produits riches en polyphénols, et principalement en tanins. Ces derniers ont d'ailleurs montré qu'ils avaient des propriétés biologiques très importantes et très vastes. Nous pouvons dire que ce sont notamment de grands antioxydants et antimicrobiens.

La nutrition fournit à un organisme les composés chimiques nécessaires pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie (Kumbaşlı M., 2005). Dans les régions arides et semi-arides d'Algérie, les ressources alimentaires animales intègrent souvent les graminées et les dicotylédones (légumineuses en particulier). En effet, et en raison de nombreuses vertus qu'elles présentent : profond enracinement, résistance à la chaleur, à la sécheresse, à la salinité et aux coupures répétées, de nombreuses espèces conservent leur fraîcheur pendant une bonne partie de l'année. Ces plantes vivaces sont traditionnellement utilisées comme source d'aliments pour le bétail, particulièrement durant la longue saison sèche où la qualité et la quantité des fourrages ne permettent pas une croissance soutenue.

Malheureusement, ces végétaux contiennent généralement un taux élevé de composés phénoliques, notamment les tanins, qui ont des propriétés antinutritionnelles, susceptibles de limiter leur potentiel nutritif (Rira M., 2006).

A l'heure actuelle, peu d'informations sont disponibles sur les effets thérapeutiques et le devenir des tanins dans le rumen des animaux mais leur intérêt est de plus en plus reconnu. C'est pourquoi il semble important d'analyser leur taux dans les végétaux susceptibles d'être incorporés dans les rations alimentaires animales, ou dans la médecine traditionnelle. Pour cela nous avons intéressé de faire une étude biochimique de ces composés phénoliques, tanins, présentant ainsi leurs principales effets pharmacologiques et antinutritionnels.

CHAPITRE I

Généralité sur les tanins végétaux

Chapitre I : Généralité sur les tanins végétaux

I.1. Définition

Le mot tanin fait référence à un large groupe de composés (poly) phénoliques naturellement produits par les plantes. Le terme « tannin » ou « tanin » vient de la source de tannins utilisée pour le tannage des peaux d'animaux en cuir. Dans ce processus, les molécules de tannins se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques fongiques et bactériennes (Francis C., 2010 ; Dangles O. *et al.* 1992).

Les tanins végétaux sont des métabolites secondaires des plantes (Paolini V. *et al.*, 2012). La définition la plus communément admise aujourd'hui a été proposée : ce sont des composés phénoliques naturels, naturellement produits par les plantes (Rira M., 2006), hydrosolubles (Sabater F., 2012), refaire à la plante une protection contre les prédateurs (insectes), les bactéries, les champignons, et les mammifères herbivores (Paolini V. *et al.*, 2012). Ce sont des molécules assez volumineuses avec un poids moléculaire généralement compris entre 500 et 3000 Da (Dangles O. *et al.*, 1992).

Les tanins ont la capacité de se combiner et de précipiter les protéines et des alcaloïdes, de la gélatine. Ces combinaisons varient d'une protéine à une autre selon les degrés d'affinités (Dangles O. *et al.*, 1992 ; Sereme A. *et al.*, 2008). La liaison aux protéines entraîne ainsi une rigidification de l'architecture de la plante et une diminution de son appétence, repoussant ainsi les « agresseurs » (Sabater F., 2012).

I.2. Les propriétés des tannins

I.2.1. Les propriétés physico-chimiques des tannins

I.2.1.1. Solubilité des tannins

La solubilité des tannins dans l'eau dépend de leur poids moléculaires et de leurs degré de polymérisation. Les tannins sont également solubles dans l'acétone et les alcools (Brunet S., 2008) et peu ou pas soluble dans l'éther (Rira M., 2006). Les tanins se dissolvent dans l'eau sous forme de solutions colloïdales, mais leur solubilité varie selon le degré de polymérisation (elle diminue lorsque celui-ci augmente) (Biaye M., 2002). C'est pour cette raison que l'extraction des tannins est généralement réalisée par une solution acétone-eau ou méthanol-eau (Brunet S., 2008).

Les solutions aqueuses ont une stabilité variable selon la structure, généralement modérée (Biaye M., 2002).

I.2.1.2. Formation de complexes avec les protéines

Les tanins se fixent à la quasi-totalité des protéines et forment ainsi des complexes insolubles dans des conditions de pH physiologique (pH = 7 à 7,4) (Sabater F., 2012). En plus de former des liaisons directes avec des protéines, les tanins établissent des « ponts » entre les protéines, ce qui entraîne leur précipitation (Brunet S., 2008).

Le degré de complexation tanins-protéines dépend de la structure et de la configuration tridimensionnelle des deux types de molécules en cause.

- **pour les tanins**, un poids moléculaire trop élevé et l'encombrement stérique en découlant limitent leur fixation aux protéines (Sabater F., 2012). Les caractéristiques qui favorisent la formation d'une liaison solide sont un haut poids moléculaire et une forte mobilité conformationnelle (Rira M., 2006).
- **pour les protéines**, les tanins montrent une forte affinité pour les protéines de conformation ouverte, de poids moléculaire supérieur à 20 kDa et qui sont riches en acides aminés hydrophobes comme la proline et l'hydroxy-proline.
- **enfin**, la formation de ces complexes dépend aussi étroitement des conditions environnementales telles le pH, la température, la force ionique ou la présence de molécules compétitrices. Notamment, la complexation des protéines est favorisée par un environnement proche de leur pH isoélectrique. La stabilité de ces complexes dépend également des conditions du milieu. Elle serait ainsi maximale dans une gamme de pH compris entre 3,5 et 7,0 (Sabater F., 2012).

I.2.1.3. Complexation métal-ion

Les polyphénols peuvent se complexer avec toutes sortes d'ions métalliques, mais leur activité biologique sera modifiée s'il s'agit de ions métalliques de transition (fer, vanadium, manganèse, cobalt et cuivre). En effet, ceux-ci possèdent certaines particularités (activité redox, donneur d'électrons π , coordination avec des ligands) qui permettront de modifier certaines réactions physiologiques (Debra A. *et al.*, 2001; Perret C., 2001).

I.2.1.4. Liaison aux acides nucléiques

Ils peuvent se complexer avec des acides nucléiques. Les dérivés de l'acide tannique interagissent avec l'ADN induisant des modifications conformationnelles (Perret C., 2001; Brunet S., 2008).

I.3. Classification

Sur le plan chimie, les tanins sont des polyphénols classés en deux catégories: les tanins hydrolysables et les tanins condensés, qui diffèrent par leurs structures chimiques et leurs origines biogénétiques.

I.3.1. Tanins hydrolysables

Ce sont des hétéropolymères possédant un noyau central constitué d'un polyol. (Figure 01)

Il s'agit souvent d'un D-glucose sur lequel les groupements hydroxyles sont, en partie ou en totalité, estérifiés avec un nombre variable de molécules (Rira M., 2006):

- soit **d'acide gallique**, on parle alors de tanins galliques (figure 02).
- soit **d'acide hexahydroxydiphénique (HHDP)**, on parle alors de tanins ellagiques.

Les tanins ellagiques sont caractéristiques des Angiospermes Dicotylédones, sauf des *Asteridae* chez lesquels ce groupe de tanins est absent (Sabater F., 2012).

Comme leur nom l'indique, ces substances s'hydrolysent facilement en milieux acides et alcalins ou sous l'action d'enzymes (telle que la tannase), pour donner des glucides et des acides phénoliques (Rira M., 2006).

Les tanins hydrolysables sont relativement abondants dans le bois et l'écorce des arbres et des arbustes mais sont rares dans les autres organes végétaux. Ils sont également présents dans quelques fruits, comme la grenade et certaines baies du genre *Rubus*, telles que la framboise. On en trouve donc peu dans les aliments et les boissons à l'exception de celles qui ont été en contact avec du bois (Francis C., 2010).

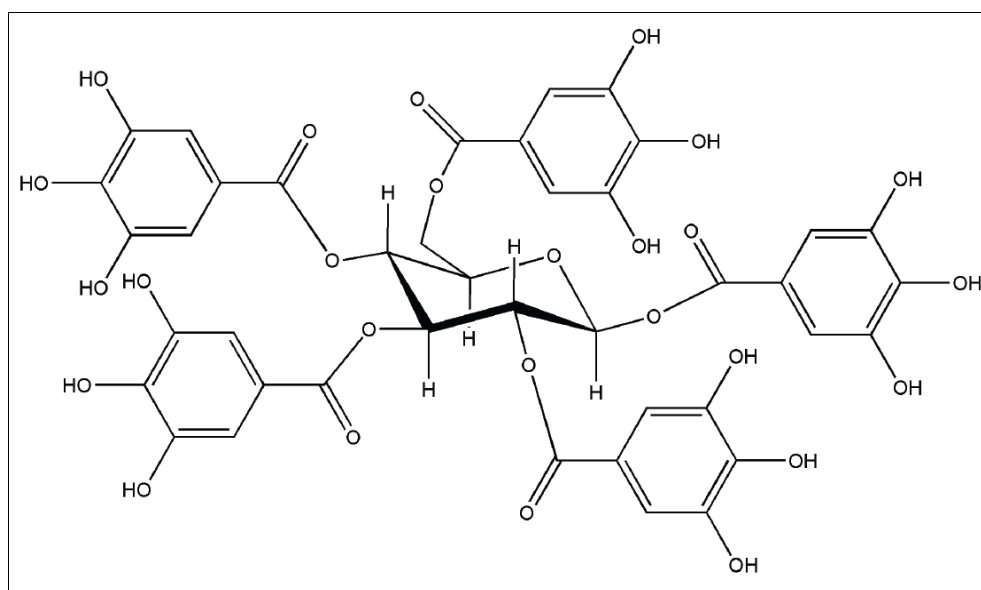


Figure 01: Structure d'un tanin hydrolysable, le pentagalloylglucose (Francis C., 2010)

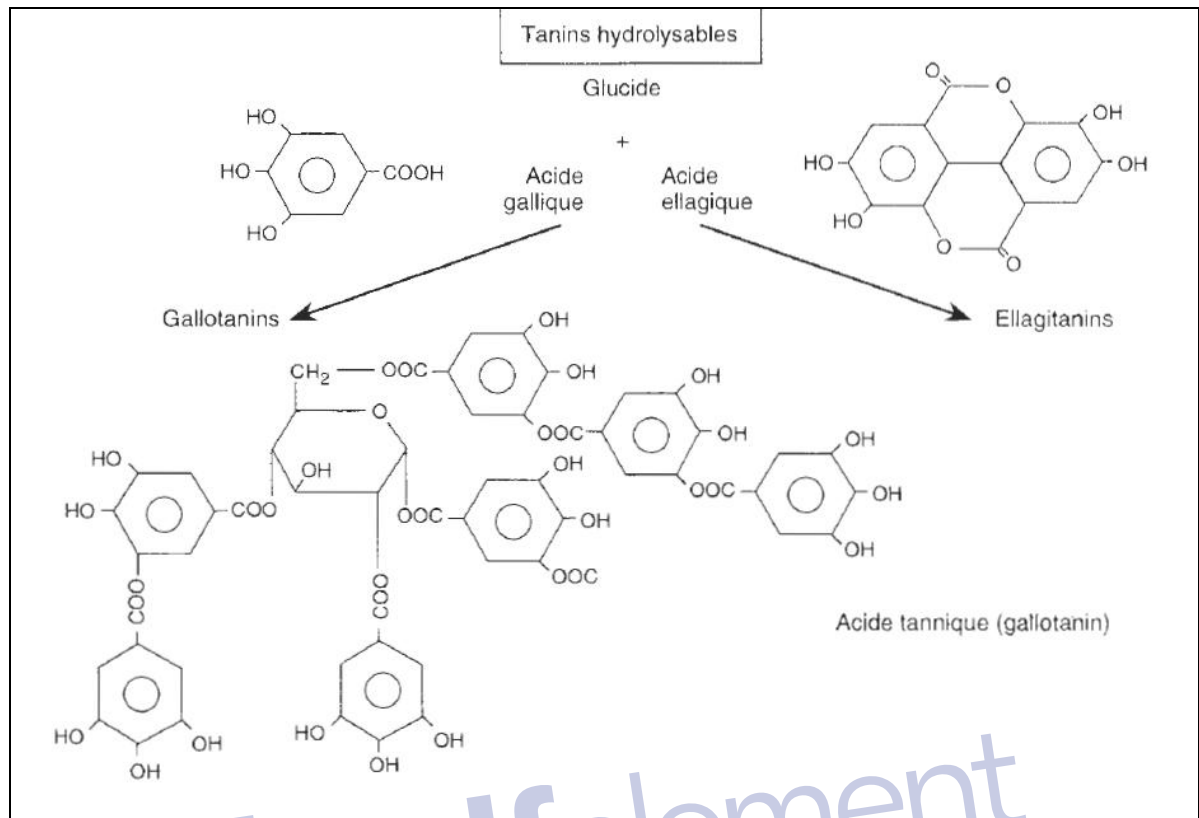


Figure 02: La structure des deux types des tanins hydrolysable (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

I.3.2. Les tanins condensés

Ce sont des proanthocyanidines : qui sont des composés phénoliques hétérogènes. Ils se trouvent sous forme d'oligomères, dimères, ou polymères de flavanes, flavan-3-ols, 5 desoxy 3- flavonols et flavan-3,4-diols, liés entre eux par des liaisons carbone-carbone très résistantes à l'hydrolyse (Figure 03) (Akroum S., 2006; Rira M., 2006).

Les polymères ont une structure hérissée d'OH phénoliques, capables de former des liaisons stables avec les protéines (Akroum S., 2006). Ils sont beaucoup moins toxiques que les tanins hydrolysables car non hydrolysables et peu absorbés par la muqueuse digestive en raison de leur poids moléculaire élevé (Sabater F., 2012). Ils ont la propriété de coaguler les protéines du derme, d'où leur utilisation dans le tannage des peaux (Bellebcir L., 2008).

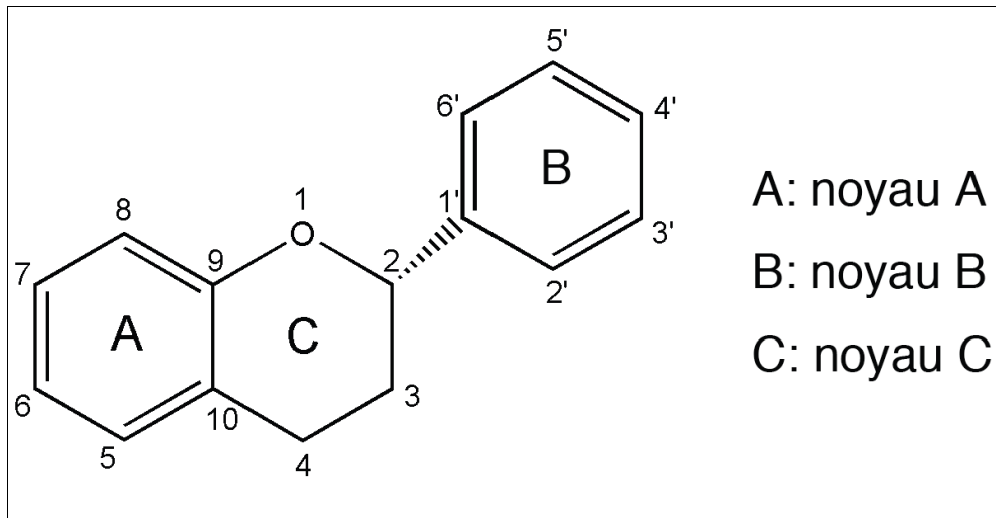


Figure 03: Squelette des monomères des pro-anthocyanidines (Francis C., 2010).

Les deux groupes majeurs des proanthocyanidines sont les procyanidines et les prodelphinidines. Les monomères constitutifs des procyanidines sont la catéchine et l'épicatéchine qui peuvent être substituées par l'acide gallique ou les sucres, généralement en position C3 ou plus rarement en position C7 (Figure 03). Les monomères de prodelphinidines sont la gallocatéchine et l'épigallocatéchine, mais on distingue également des monomères de quercétine et de myricétine (Seigler D.S. *et al.*, 1986; König M. *et al.*, 1994).

Contrairement aux tannins hydrolysables, les condensés ne peuvent pas être dégradés par l'homme. En réalité, seules quelques bactéries et moisissures peuvent les dégrader en produisant une tannase appropriée (Zimmer N. et Cordesse R., 1996; Pinto GAS. *et al.*, 2001; Mahapatra K. *et al.*, 2005; Goel G. *et al.*, 2005). Quand ces microorganismes sont présents dans le rumen de certains animaux, ils leur procurent la capacité de catalyser les tannins condensés, libérant ainsi des anthocyanes (Ammar H. *et al.*, 2009; Vasta V. *et al.*, 2009).

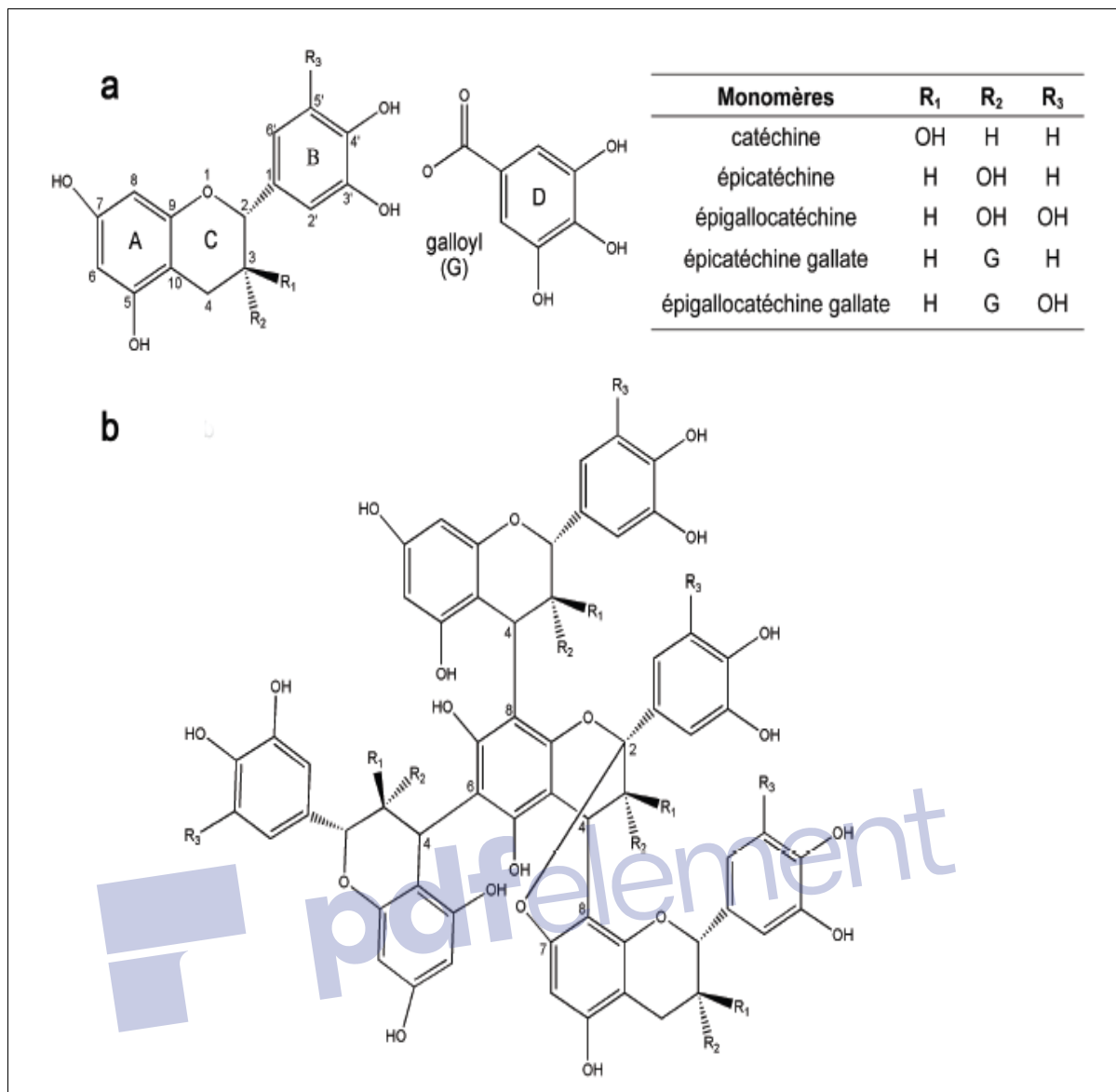


Figure 04: Structure des monomères de flavan-3-ols (a); et exemple de tétramère comportant les deux types de liaisons interflavaniques de type B C4-C6 et C4-C8 et une liaison de type A C2-O-C7(b) (Francis C., 2010) .

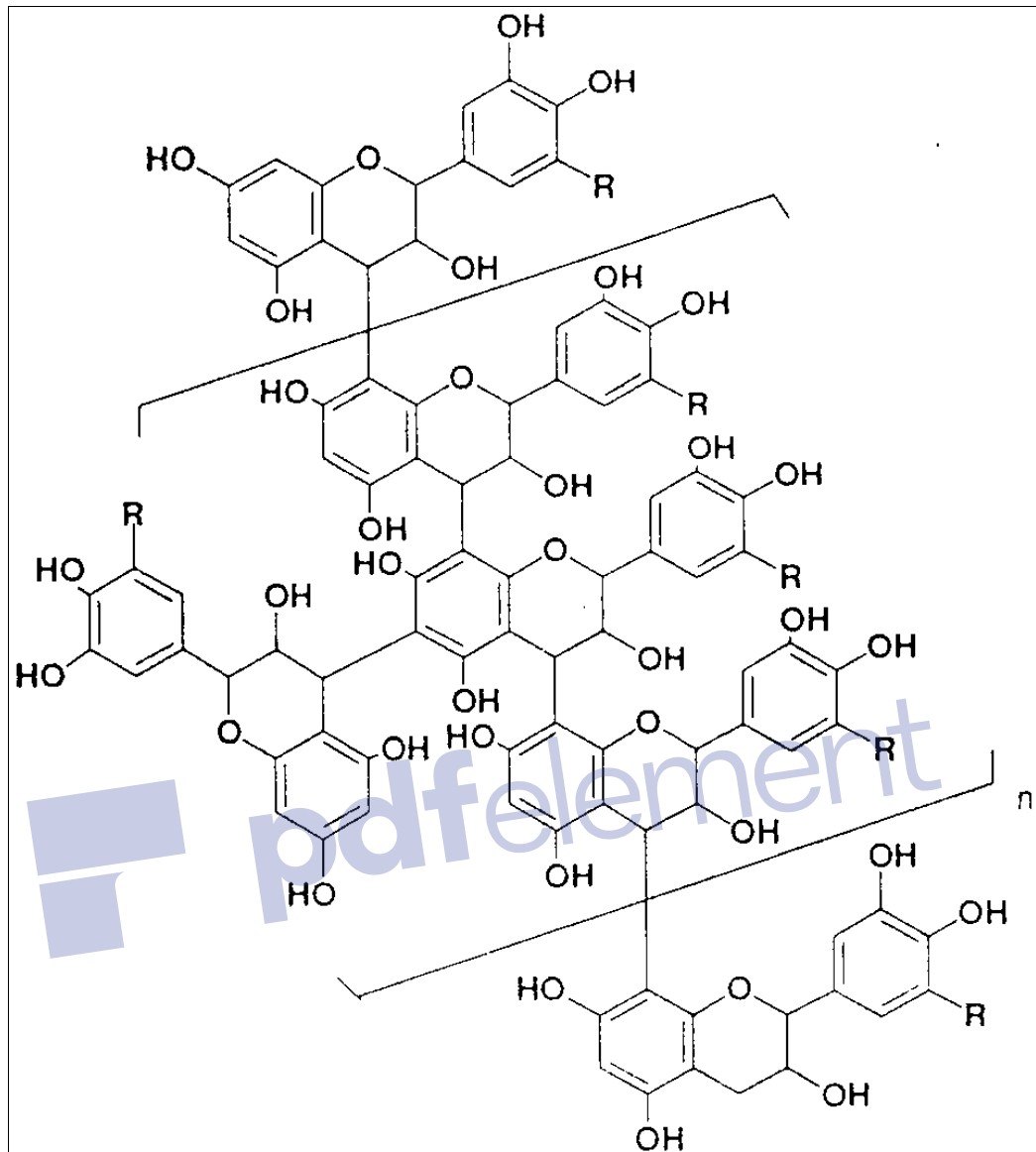


Figure 05: Structures d'un tanin condensés (Sereme A. *et al.*, 2008).

I.4. Biosynthèse des tanins

Les tanins résultent en fait de la polymérisation de molécules élémentaires possédant des fonctions phénols (Tarascou I., 2005).

Parmi toutes les substances secondaires synthétisées par les plantes, les tanins constituent l'un des plus importants groupes de produits phénoliques naturels, environ 2% du carbone photosynthétique sont convertis en flavonoïdes ou en substances apparentées telles que les tanins. La biosynthèse des tanins commence par la condensation de deux voies métaboliques : la voie du shikimate et la voie de l'acétate malonate (Rira M., 2006).

I.4.1. Voie de l'acide shikimique

Elle conduit à la formation du précurseur immédiat des phénols par désamination de la phénylalanine. La séquence biosynthétique qui suit, dénommée séquence des phénylpropanoïdes, permet la formation des principaux acides hydroxy cinnamiques. Les formes actives de ces derniers avec le coenzyme (Madi A., 2010). La synthèse du noyau aromatique est achevée par la voie du shikimate, elle se fait par la condensation de l'acide phosphoenol pyruvique (PEP) et de l'érythrose-4-phosphate. Après une série de réactions successives, on aboutit l'acide shikimique (Figure 06) (Rira M., 2006).

A permettent d'accéder aux principales classes des composés phénoliques citant quelques transformations: vers les acides de la série benzoïque (acides gallique, protocatéchique...) par Béta-oxydation.

L'acide gallique lui-même, par combinaison avec des sucres simples, conduit aux tannins hydrolysables (tannins galliques et ellagiques) (Madi A., 2010).

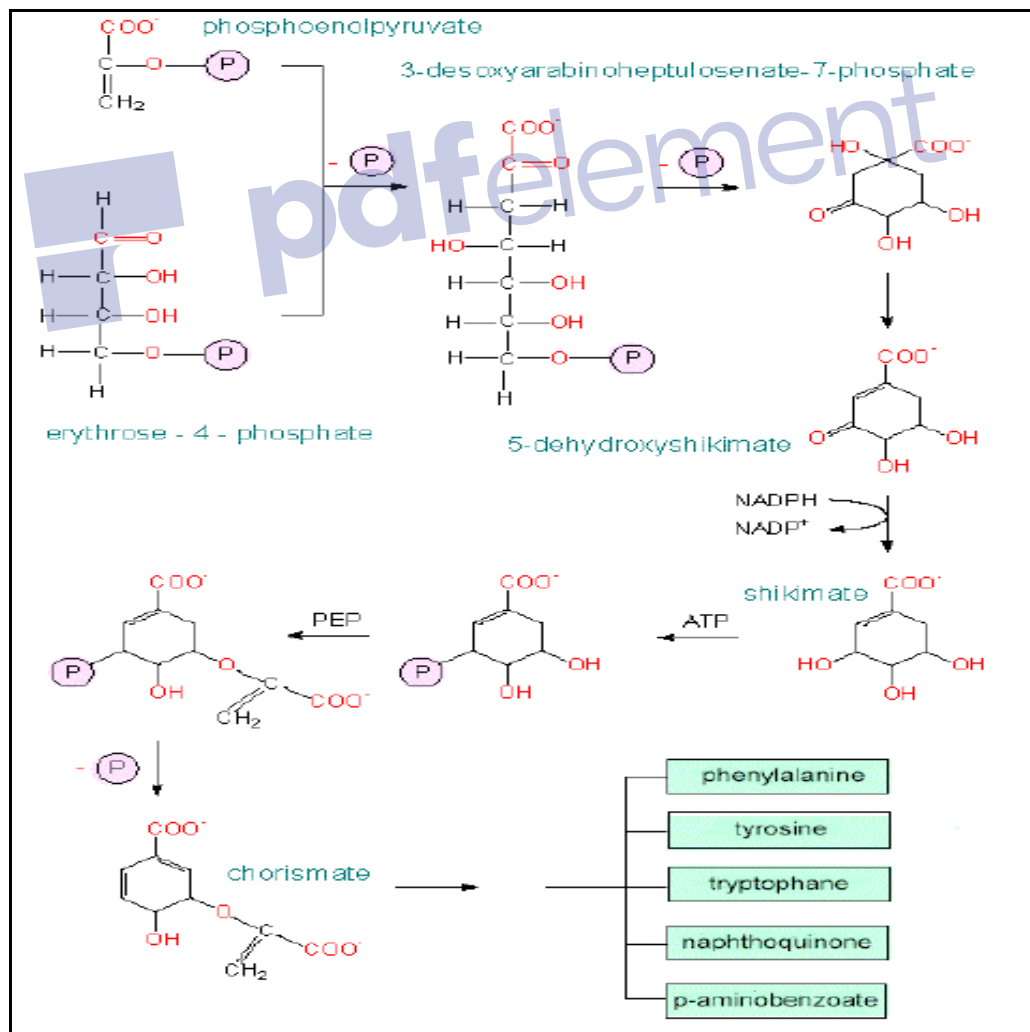


Figure 06: Voie shikimate (Rira M., 2006).

I.4.2. Voie d'acétate malonate

Elle conduit par condensations répétées à des systèmes aromatiques ex : les chromones, les isocoumarines, et les quinones (Madi A., 2010). Les systèmes aromatiques sont également formés par la condensation répétée d'unités acétate. La réaction entre les trois molécules (2 malonyl CoA et une molécule d'acétyle CoA) donne une chaîne latérale qui se cyclise pour donner naissance au noyau (Rira M., 2006). La pluralité structurale des composés phénoliques due à cette origine biosynthétique est encore accrue par la possibilité très fréquente d'une participation simultanée du shikimate et de l'acétate à l'élaboration des composés mixtes comme les flavonoïdes, les stilbènes et les xanthones (Madi A., 2010).

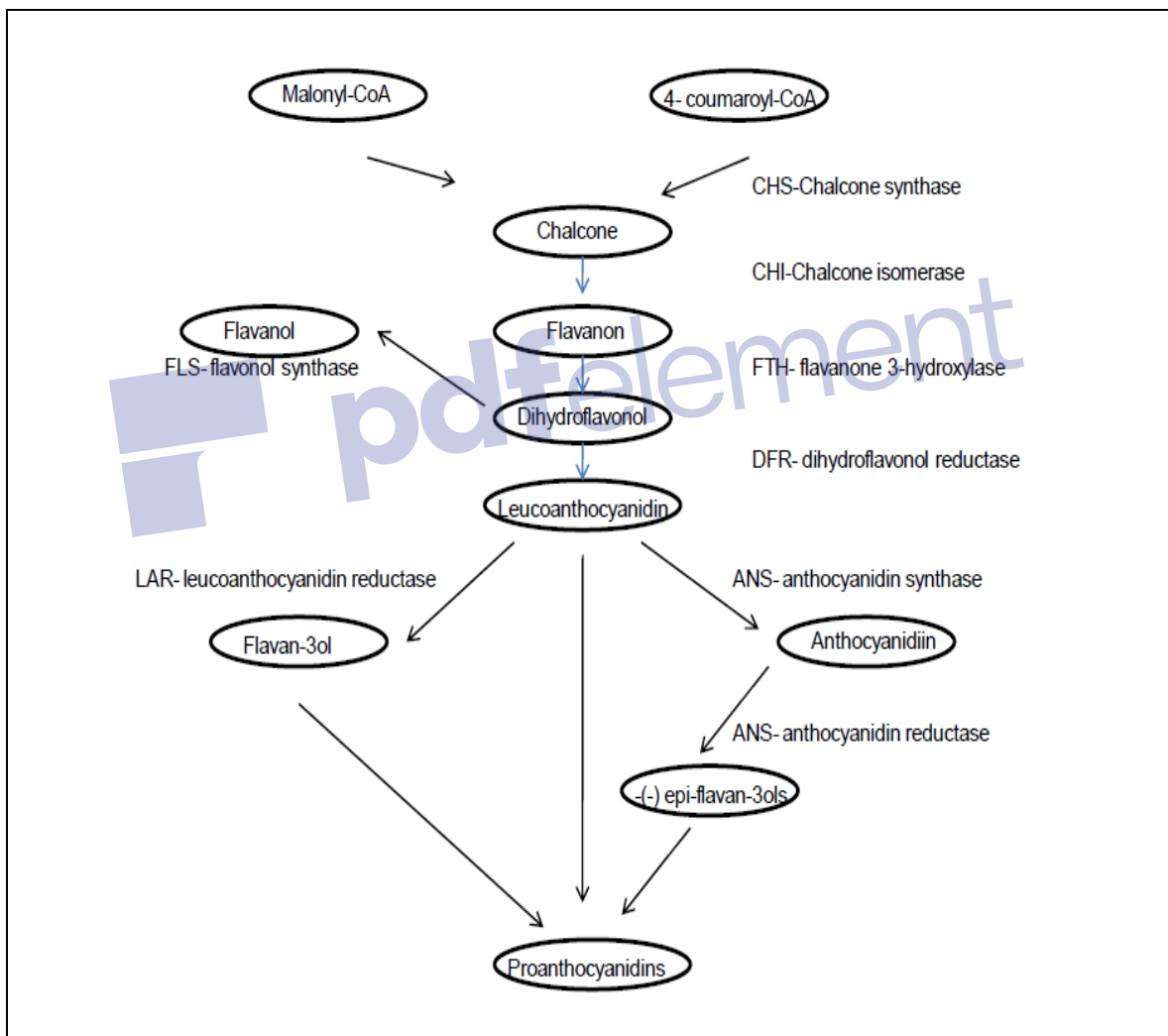


Figure 07: Les étapes de la biosynthèse de tanins condensés (Manolaraki F., 2011).

I.5. Les plantes riche en tanins

Les tanins sont largement répandus dans le règne végétal, où on les retrouve aussi bien chez les Angiospermes que chez les Gymnospermes. Dans les Angiospermes, les tanins sont plus abondants dans les Dicotylédones que dans les Monocotylédones (Rira M., 2006).

Les plantes riches en tanins se répartissent au sein de différentes familles botaniques telles que les plantes ligneuses (comme le noisetier, le chêne, ou le châtaignier) ou les plantes fourragères et notamment les légumineuses (comme le sulla, le lotier pédonculé, le lotier corniculé, le sainfoin) (Paolini V. *et al.*, 2012).

Chez la plupart des graminées, les tanins se rencontrent souvent en très faible quantité, parfois même à l'état de trace. Cependant, certaines plantes accumulent dans leurs organes des tanins en très grande quantité, c'est le cas du sorgho, de l'orge, du blé, de la fève et de la féverole.

Les monocotylédones sont généralement pauvres en tanins, cependant, la famille du (*Arcaceae*) Palmaiese fait exception car elle comprend des espèces hautement riches en tanins (Rira M., 2006).

I.5.1. Les plantes riche en tanins hydrolysables

Les THs sont présents chez certaines familles des Angiospermes dicotylédones et quelques familles de Fagaceae, d'Anacardiaceae, d'Anacardium et de Geraniaceae (Bruneton J., 1999). Par contre, ils sont absents des Gymnospermes et des Monocotylédones (Jean-Blain C., 1998).

I.5.2. Les plantes riche en tanins condensés

Les TCs sont en général plus répandus dans le règne végétal et plus abondants dans les plantes que les THs (Jean-Blain C., 1998). Les TCs se rencontrent chez de nombreuses plantes vasculaires chez les Angiospermes et les Gymnospermes (Bruneton J., 1999).

Certaines espèces de Pinaceae (pin), de Fagaceae (chêne et châtaignier), de Rosidae (acacia) et de Rosaceae (pommier, fraisier) contiennent de fortes quantités de TCs (> 5% de la MS). Parmi les Fabaceae (légumineuses), certaines espèces de légumineuses fourragères, telles que le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), le sulla (*Hedysarium coronarium*) et les lotiers pédonculé et corniculé (*Lotus pedunculatus* et *L. corniculatus*), contiennent des TCs en quantité non négligeable (2 à 5% de la MS).

Par contre, les plantes herbacées de la famille des Liliaceae, tel que le ray-grass anglais (*Lolium perenne L.*), ou d'autres représentants de la famille des légumineuses, comme la luzerne cultivée (*Medicago sativa L.*) et le trèfle blanc (*Trifolium repens L.*), présentent des quantités très faibles ou non détectables de TCs (Brunet S., 2008).

I.5.3. Localisation des tannins dans les tissus végétaux

Tous les organes des plantes peuvent contenir des tannins, mais la localisation principale diffère selon les plantes en cause. Au niveau cellulaire, les THs sont majoritairement présents dans les parois cellulaires et les espaces intracellulaires, alors que les TCs sont surtout stockés dans des vacuoles intracellulaires sous forme libre et, en proportion variable, liée aux fibres (lignine) des parois cellulaires ou aux protéines cellulaires.

Pour une même espèce végétale synthétisant des TCs et des THs, il peut y avoir une distribution différente de ces composés selon les organes (Manolaraki F., 2011).

Les tanins peuvent se produire dans la quasi-totalité des parties de la plante, on les trouve depuis les racines jusqu'aux fruits, en passant par les poils, les tiges, le tronc, les cosses, le bois, les écorces et les feuilles. Ils peuvent se produire dans des cellules individuelles isolées, en groupes ou en chaînes de cellules ce qui est le cas le plus commun. Ces cellules spéciales sont appelées iodoblastes tannifères et sont disséminées dans le parenchyme. Les tanins se localisent également dans des cavités spéciales et parfois dans des vacuoles. Lorsque les cellules vieillissent et perdent leurs contenus protoplasmiques, les tanins sont, par conséquent, absorbés par la paroi cellulaire (Rira M., 2006).

Les tanins se trouvent souvent dans les cellules des glandes et dans les tissus atteints d'une pathologie parasitaire. Quelques espèces peuvent contenir jusqu'à 50% de tanins dans leurs matières sèches. Cependant, la plus haute concentration de tanins dans les plantes saines et normales se trouve généralement dans les écorces.

Les principaux tissus qui contiennent des tanins sont :

- **Les tissus du bourgeon:** ils sont plus communs dans la partie externe du bourgeon, probablement comme protection contre la congélation.
- **Les tissus de la feuille :** ils sont plus commun dans l'épiderme supérieur. Cependant, les tanins sont distribués dans tous les tissus des feuilles des plantes vivaces qui possèdent des feuilles persistantes. Ils servent également à réduire l'appétence et donc à protéger la plante des prédateurs.

- **Les tissus des racines** : ils sont plus communs dans l'hypoderme. Ils agissent probablement comme une barrière chimique contre la pénétration et la colonisation des racines par les plantes pathogènes.
- **Les tissus des graines** : ils sont principalement localisés dans la couche située entre le tégument externe et la couche de l'aleurone. Leur action est associée au maintien de l'état de latence de la plante. Ils possèdent des propriétés allélopatiques et bactéricides.
- **Les tissus de la tige** : ils se trouvent souvent dans les surfaces actives de la croissance des arbres, telles que le phloème secondaire, le xylème et la couche située entre l'épiderme et le cortex. Les tanins peuvent avoir un rôle dans la régulation de la croissance de ces tissus.
- Ils se trouvent également dans le cœur du bois des conifères et peuvent ainsi contribuer à la durabilité naturelle du bois en inhibant l'activité microbienne. Ces substances, localisées dans les différents sites, n'interfèrent pas avec le métabolisme de la plante. Ils ne peuvent avoir d'effets métaboliques qu'après la dégénérescence cellulaire et la mort de la plante (Skadhauge B. *et al.*, 1997; Rira M., 2006).

I.5.4. Facteurs de variation de la teneur en tanins

La teneur en tanins d'une plante varie en fonction de plusieurs facteurs intrinsèques, tels que l'espèce et la variété, la partie ou le stade végétales, et extrinsèques, comme les conditions climatiques, pédologiques ou le stress de prédation (Tableau 01) (Jean-Blain C., 1998).

Leur concentration varie considérablement entre les différentes espèces végétales et au sein de la même espèce où elle dépend du degré de maturité, de l'âge des feuilles, des fleurs et de la saison.

La teneur en tanins augmente corrélativement avec la maturité, ainsi dans le grand trèfle (*Lotus uliginosus*, syn. *L. pedunculatus*), la teneur des feuilles en tanins augmente avec l'augmentation de la maturité. D'autres auteurs ont signalé que le taux de tanins est plus élevé dans la saison sèche par rapport au reste l'année.

Les plantes peuvent produire des substances phénoliques (tannoïdes) en réponse à un stress environnemental, suscité par différents facteurs : déficience en éléments nutritifs, sécheresse, surchauffage (températures élevées) et l'intensité lumineuse. Ainsi, la concentration des tanins condensés augmente dans les feuilles d'*Eucalyptus* qui se développe sous une déficience nutritive ou sous une forte lumière. De même que le taux de tanins condensés dans le grand

trèfle est supérieur quand il est cultivé dans un sol acide de basse fertilité par rapport à un sol fertile (Leinmüller E. *et al.*, 1991; Rira M., 2006).

Tableau 01: Teneur en tanins (en % de la matière sèche du végétal) de certaines espèces végétales

Plante	Organe	Tanins
<i>Acacia nilotea</i>	Feuilles	49.1
<i>Acacia brevispiea</i>	Feuilles	12.0
<i>Rhus natalensis</i>	Feuilles	33.1
<i>Terminalia arjuna</i>	Feuilles	7.6
<i>Desmodium intortum</i>	Feuilles	20.2
<i>Desmodium intortum</i>	Tiges	8.8
<i>Lotus pedunculatus</i>	Plante entière fertilisée	4.6
<i>Lotus pedunculatus</i>	Plante entière non fertilisée	10.6
<i>Quercus incana</i>	Feuilles âgées	6.9
<i>Quercus glauca</i>	Feuilles âgées	10.0
<i>Quercus serrata</i>	Feuilles âgées	1.5
<i>Quercus ilex</i>	Feuilles âgées	0.8
<i>Quercus coccifera</i>	Feuilles avril ombre	21.3
<i>Quercus coccifera</i>	Feuilles avril soleil	17.2

(Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

CHAPITRE II

Méthodes d'étude des tanins végétaux

Chapitre II : Méthodes d'étude des tanins végétaux

II.1. Mise en évidence des tanins

II.1.1. Réaction au chlorure ferrique 1%

A 1 ml d'extrait contenu dans un tube à essai sont ajoutés 2 ml d'eau puis une à deux gouttes de chlorure ferrique 1% (1 g de FeCl_3 + 65 ml H_2O distillée). L'apparition d'une coloration bleue, bleu-noire ou noire indique la présence de tanins galliques ; la coloration verte ou vert-foncé indique la présence de tanins catéchiques (Kpemissi amana E., 2007; Kanoun K., 2011).

II.1.2. Réaction à l'acétate de plomb 10%

1 ml de la solution aqueuse d'acétate de plomb à 10% est ajouté à 3 ml d'extrait. La formation d'un précipité bleu, bleu-noir, blanchâtre ou brunâtre indique la présence de tanins.

II.1.3. Réaction au sulfate de cuivre ammoniacal

La solution de sulfate de cuivre 1% est obtenue à partir de 1 g de CuSO_4 en solution ajouté à 65 ml d'eau distillée que l'on agite fortement et complète à 100 ml. 2 ml de cette solution sont ajoutés à 2 ml de la solution d'extrait. Au mélange, on ajoute 2 gouttes d'ammoniaque. La formation d'un précipité noir, bleu ou vert indique la présence de tanins (Kpemissi amana E., 2007).

II.1.4. Réaction avec l'acide phosphotungstique

1ml de solution extractive ; 1ml d'acide phosphotungstique ; 9ml d'une solution aqueuse de carbonate de sodium à 25%. Il apparaît un précipité bleu-indigo en présence des tanins catéchiques (Biaye M., 2002).

II.1.5. Réaction de STIANY

A 15 ml de l'infusé, on ajoute 8ml de réactif de STIANY (formol à 30% ; volumes, acidechlorhydrique concentré ; 1 volume).

La solution obtenue est chauffée pendant 30mn au bain-marie à ébullition. La formation d'un précipitation témoigne la présence de tanins condensées.

On filtre, on sature le filtrat par l'acétate de sodium, puis quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique 2% sont ajoutées. Il apparaît une coloration bleu-noir qui indique la

présence de tanins hydrolysables ou de tanins gallique non précipités par le réactif de STIANY(Biaye M., 2002).

II.1.6. Autres réactions de différenciation

- ❖ Avec l'iodate de potassium: les tanins galliques donnent une coloration rose.
- ❖ Avec l'acide nitreux en milieu acétique: les tanins ellagiques sont colorés en rose, la coloration vire au pourpre puis au bleu.
- ❖ Avec la vanilline chlorhydrique: les tanins condensés sont colorés en rouge.

II.2. Méthodes d'extraction des tanins

II.2.1. Principe

La détermination des extraits est une méthode destinée à mesurer la quantité des composés ou substances pouvant être extraites par un solvant dans des conditions spécifiques (Diallo A., 2005).

II.2.2. Méthode d'extraction

Le procédé d'extraction est systématiquement effectué en utilisant un solvant organique polaire tel que l'éthanol, l'acétone ou le méthanol.

La méthode suivante est la plus utilisée:

Les composés phénoliques sont extraits par une solution aqueuse d'acétone (70%). Il s'agit d'une double extraction dans laquelle 0,2 g d'échantillon sont dilués dans 10 ml d'acétone (70%) (Rira M., 2006). Dans des tubes à essais, Les tubes sont dégazés avec le gaz N₂ inerte et agités (Boufennara S., 2012), puis centrifugés à 3000 g pendant 10 min, à 4°C (Rira M., 2006). Le surnageant est repris avec des pipettes Pasteur (sans altération du résidu) dans des tubes d'essais (Boufennara S., 2012). Le surnageant (S1), qui en résulte, est recueilli et conservé dans la glace à 4°C (Rira M., 2006). Les tubes sont couverts avec l'aluminium pour éviter leur exposition à la lumière (Boufennara S., 2012). Le culot est remis en suspension dans 10 ml d'acétone (70%) et il est, à nouveau, centrifugé comme précédemment. Le culot est alors éliminé, l'extrait final est obtenu en mélangeant le surnageant (S1) et (S2). (Rira M., 2006). Il est ensuite stocké à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation pour la détermination des tanins condensés attachés (Boufennara S., 2012).

II.3. Méthodes du dosage

Le dosage de tanins est délicat. Il est difficile d'obtenir une extraction complète et les méthodes fondées sur le caractère phénolique de ces composées ne sont pas toutes spécifiques.

Certaines méthodes permettent toutefois une certaine sélectivité, en particulier à l'égard des tanins condensés. Pour nombre d'auteurs, les meilleures méthodes pour détecter et doser les tanins sont celles qui visent à évaluer leur capacité (spécifique) à précipiter les protéines (Biaye M., 2002).

II.3.1. Dosage des phénols totaux

Les phénols totaux sont déterminés selon le procédé décrit par Folin-Ciocalteu. Une aliquote de 25 µl de l'extrait est mélangée avec 475 µl d'eau distillée, 250 µl de Folin Ciocalteu (1N) et 1,25 ml de carbonate de sodium (Na_2CO_3 , 20%). Le développement d'une couleur bleue est obtenu après incubation à l'obscurité et à température ambiante pendant 40 min. L'absorbance est mesurée à 725 nm et les résultats sont rapportés à une courbe étalon standard et exprimés en équivalent d'acide tannique (Rira M., 2006).

II.3.2. Dosage des tanins totaux

II.3.2.1. Méthode chimique

Les tanins totaux sont estimés en mélangeant 100 mg de polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) avec 2 ml d'eau distillée et 2 ml du premier extrait. L'ensemble est agité et maintenu à 4°C pendant 15 min, ensuite il est centrifugé à 3000 g et à 4°C pendant 10 min. Le surnageant, qui en résulte, est utilisé pour la détermination des tanins totaux qui correspondent à la différence entre les phénols totaux (mesurés par le procédé de Folin-Ciocalteu) avant et après traitement avec le PVPP (Rira M., 2006; Brunet S., 2008).

II.3.2.2. Méthodes biologiques

Il existe diverses méthodes de dosage des TTs fondées sur leur propriété à se fixer aux protéines:

- ✓ la méthode traditionnelle, utilisant de la poudre de peau, est appliquée dans le cas des drogues officinales (Bruneton J., 1999).
- ✓ la méthode de la diffusion radiale (avec de l'albumine bovine ou du rubesco inclus dans un gel d'agarose) est une méthode simple qui permet le dosage simultané de nombreux échantillons.
- ✓ les techniques basées sur l'inhibition d'enzyme (α -glucosidase; trypsine; alcaline phosphatase) sont des méthodes très sensibles.

- ✓ une méthode basée sur la propriété des tanins à réduire la production de gaz lors de fermentations anaérobies a également été développée (Mueller-Harvey I., 2006).

II.3.3. Dosage des tanins condensés

II.3.3.1. 1^{ère} Méthode du dosage des tanins condensés

Les tanins condensés sont dosés par la méthode de Butanol-HCl (120). Le milieu réactionnel est composé de 0,5 ml de l'extrait, 3 ml de butanol-HCl (95/5) et 0,1 ml d'une solution ferrique (sulfate d'ammonium ferrique 2%, dilué dans HCl à 2N). Les échantillons sont incubés dans un bain marie bouillant pendant 60 min. L'absorbance est mesurée à 550 nm et les résultats sont exprimés en équivalent de leucocyanidines, selon la formule suivante:

$$(A_{550 \text{ nm}} \times 78,26 \times \text{FD})$$

- A: absorbance enregistrée à 550 nm.
- FD: facteur de dilution (Rira M., 2006).

II.3.3.2. 2^{ème} Méthode du dosage des tanins condensés

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide. Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm. La réactivité de la vanilline avec les tanins n'implique que la première unité du polymère (Ba K. *et al.*, 2010).

Dans la plante, les TCs sont présents sous différentes formes : libres ou liés, c'est à dire ceux fixés aux protéines ou aux fibres de la plante. L'existence de ces deux formes (libres ou liés) rend le dosage des TCs plus délicat. En général, les TCs sont majoritairement présents sous forme libre. Cependant les conditions de stockage, de séchage et d'extraction des échantillons peuvent influencer la proportion de TCs liés/libres.

Afin de doser les TCs liés, un traitement par des agents chimiques, tel que le sodium dodécyl sulfate, est réalisé ultérieurement à l'étape d'extraction, afin de rompre les liaisons protéines-TCs et fibres-TCs et de libérer ainsi les TCs liés . Le dosage des TCs peut ensuite être réalisé par diverses méthodes colorimétriques:

- ✓ La méthode à la vanilline est très utilisée dans les études en nutrition. Cette méthode dépend de la réaction de la vanilline avec le groupement flavonoïde terminal des TCs et la formation de complexes colorés (Makkar H.P.S., 2000). Cependant cette réaction n'est pas spécifique aux TCs mais, de manière générale aux flavanols.
- ✓ La méthode du Butanol-HCl, développée par Porter *et al.*(1986), basée sur la réaction de dépolymérisation des TCs en milieu acide. Cette réaction conduit à la libération des

anthocyanidines (molécules colorées) correspondants aux monomères clivés. Elle permet un dosage semi-quantitatif des TCs car les monomères terminaux libérés ne donnent pas les anthocyanidines correspondants et par conséquent, ils ne sont pas dosés. Cependant, la méthode au Butanol-HCl reste la méthode la plus utilisée (Makkar H.P.S., 2000; Schofield P. *et al.*, 2001; Hagerman A.E., 2002; Jean-Blain C., 1998).

- ✓ La méthode au DMACA (α -diméthylaminocinnamaldehyde) permet le dosage des flavan-3-ols, les monomères des TCs. Cette méthode colorimétrique très sensible aux monomères l'est moins aux polymères (Brunet S., 2008).

II.3.4. Dosage des Tanins Hydrolysables

Pour le dosage des THs, il est possible d'évaluer la concentration en tannins galliques et éllagiques distinctement. Après une hydrolyse sulfurique, l'acide gallique libéré est dosé par la méthode à la rhodanine alors que l'acide éllagique est dosé à l'aide de la méthode à l'acide nitreux (Jean-Blain C., 1998; Bruneton J., 1999; Makkar H.P.S., 2000).

Ces deux méthodes colorimétriques peuvent être complétées par une analyse qualitative et quantitative en RMN ou en spectrométrie de masse (Brunet S., 2008).

CHAPITRE III

*Les actions biologiques des
tanins végétaux*

Chapitre III : Les actions biologiques des tanins

III.1. Fonctions naturelles des tanins chez les végétaux

Les tanins, abondamment distribués dans les plantes, n'exercent pas de fonctions directes au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal (croissance et reproduction) (Sabater F., 2012; Rira M., 2006). Ces métabolites secondaires sont plutôt impliqués dans les mécanismes de défense, ils protègent la plante contre les attaques de microorganismes pathogènes (champignons et bactéries) (Rira M., 2006).

Les tanins sont aussi une défense contre les agressions dues à des prédateurs comme les insectes mais aussi des herbivores (Mueller-Harvey I., 2006). La présence excessive de tanins réduit l'appétence de plantes en raison de la sensation d'astringence liée à leur consommation, ce qui conduit ainsi à un arrêt de la consommation et protège les végétaux d'un excès de prédation (Jean-Blain C., 1998; Sabater F., 2012).

Les tanins préviennent la dégradation rapide des plantes dans le sol, préservant ainsi un stock d'éléments nutritifs pour les prochaines périodes de végétations. Les tanins jouent aussi un rôle physiologique comme facteurs régulateurs de la croissance des végétaux, leur présence dans les cellules et l'augmentation de leur concentration en présence de lumière procurent une fonction protectrice contre le stress causé par le soleil (Rira M., 2006). Comme pour tous les flavonoïdes, la présence de noyaux aromatiques confère aux tanins une fonction antioxydante qui préserve les résines de la dégradation enzymatique et retarde l'autoxydation de l'acide ascorbique contenu dans certaines substances végétales.

Les tanins comptent parmi les principaux constituants du bois. Grâce à leur structure hélicoïdale, ils empêchent la dégradation des cellules du bois causée par une déficience en eau (Rira M., 2006).

III.2. Les tanins dans la nutrition animale

Les arbres, les arbustes et les plantes herbacées constituent la principale source d'aliments pour la plupart des herbivores du monde. Ces fourrages contiennent des taux variés de composés phénoliques (tanins) qui jouent un rôle très important sur le plan organoleptique et nutritionnel. Leurs effets sur les animaux, qui les consomment, varient de bénéfiques à toxiques et ils peuvent même être létaux. Ces effets dépendent du type et du taux de tanins, qui tous les deux varient à travers les différentes espèces végétales (Rira M., 2006).

Les tannins sont un groupe complexe de composés polyphénoliques trouvés dans un éventail d'espèces d'usage de consommation courante par des ruminants.

Bien que des tannins aient été pensés pendant longtemps pour être nuisibles aux ruminants, leur effet peut être l'un ou l'autre salubre ou nocif selon le type du tannin consommé, de sa structure chimique et poids moléculaire, la quantité ingérée, et l'espèce animale ont impliqué. Les concentrations élevées des tannins réduisent la prise volontaire d'alimentation et digestibilité nutritive, tandis que le bas pour modérer des concentrations peut améliorer l'utilisation digestive de l'alimentation principalement en raison d'une réduction de dégradation de protéine dans le rumen et d'une augmentation suivante d'écoulement d'acide aminé au petit intestin. Ces effets sur la nutrition sont reflétés chez l'exécution animale (Frutos P. *et al.*, 2004).

III.2.1. Effets des tanins sur la digestibilité

Lors de l'ingestion d'aliments riches en tanins, certains processus physiologiques et métaboliques sont perturbés, en particulier ceux concernant la digestion. Au cours du transit digestif, les tanins peuvent interagir avec de nombreuses molécules et plusieurs facteurs liés au tractus digestif influencent ces interactions. Le PH joue un rôle important car il varie au cours de transit des aliments entre 2 et 8 avec des alternances acide et alcaline. La présence d'autres molécules que les aliments dans les compartiments digestifs intervient également : les ions et les protéines endogènes, telles les mucines ou les enzymes digestives (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

Les proanthocyanidines ne sont pas généralement absorbés à travers le tractus digestif des ruminants, ils restent sous forme libre ou liée dans le rumen et diminuent la digestibilité de la matière organique, en particulier celle des protéines et des parois végétales (Barry T.N. et McNabb W.C., 1999; Makkar H.P.S., 2003).

Au niveau du tractus digestif, ces composés polyphénoliques peuvent réduire le processus d'activation des enzymes et inhiber l'activité des principales enzymes, surtout les protéases digestives en créant des complexes avec les mêmes enzymes (Mcsweeney C.S *et al.*, 2001) comme l' α -amylase ou la trypsine (Ba K. *et al.*, 2010).

III.2.1.1 Digestibilité des glucides

L'effet antinutritionnel des tanins dans la digestion des glucides est actuellement prouvé. La présence de ces substances dans les fourrages réduit considérablement la digestibilité des fibres (cellulose, hémicelluloses et pectine) et de l'amidon. Cette faible digestibilité est due, en premier lieu, à l'interaction directe des tanins avec ces molécules ou/et à l'inhibition des bactéries ruminales et des enzymes digestives impliquées dans leur dégradation: cellulase,

amylase et pectinase. Ainsi, la présence de 30% de *Calliandra* (2-3% de tanins) dans le régime alimentaire des ruminants est associée à une diminution marquée de la population des bactéries cellulolytiques, en particulier *Fibrobacter succinogenes* et *Ruminococcus* Sp (Mcsweeney C.S. *et al.*, 2001). Dans certains cas, la faible digestibilité des fibres peut être le résultat de la formation de complexes cellulose-tanins ou amidon-tanins résistants à la dégradation (Leinmüller E. *et al.*, 1991).

III.2.1.2 Digestibilité des protéines

Des études *in vivo* montrent que la digestibilité des protéines est considérablement réduite lorsque les plantes tannifères font partie du régime alimentaire (Makkar H.P.S., 2003).

Chez les ruminants, les tanins peuvent affecter le métabolisme des protéines de différentes manières. Les études les plus complètes concernent les protéines hydrosolubles car la présence de tanins fixés sur ces molécules peut modifier leur rôle (inhibition de l'activité des enzymes par exemple) et générer leur précipitation. Dans le cas de protéines alimentaires, cette insolubilisation les rend inaccessibles à l'hydrolyse enzymatique (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

Ils peuvent se combiner aux protéines diététiques et former des complexes insolubles, peu accessibles aux enzymes digestives. Les protéases digestives subissent, à leur tour, l'action dépressive des tanins qui les inhibent par la formation de complexes protéines enzymatiques-tanins ou inhibent leur activité biologique par blocage du site actif. Les tanins peuvent également se lier aux mucoprotéines des cellules épithéliales qui revêtent le tube digestif. Cette réactivité altère l'intégrité de la paroi intestinale, augmente les sécrétions gastriques, provoque des problèmes de gastrite, ralentit le transit et engendre la constipation. L'effet des tanins sur le métabolisme protéique mène à une faible fermentation ruminale due au ralentissement de la digestibilité des fractions d'azote, à une concentration basse en urée dans le plasma, à une faible rétention d'azote et à une concentration élevée en azote dans les fèces (Hedqvist H., 2004).

Dans le rumen, les tanins naturels sont utilisés pour réduire la dégradabilité des protéines alimentaires (McDonald I.W. et Hall R.J., 1957; Mangan J.L., 1982) et les pertes d'azote par la voie urinaire et pour augmenter le flux d'acides aminés dans l'intestin grêle des animaux (Zelter S.Z. *et al.*, 1970; Barry T.N., 1989 ;W Aghorn G.C. *et al.*, 1987a, 1987b; Jouany J. et Reperant J., 2007). En plus de leurs actions sur les protéines et les fibres, les tanins agissent principalement en augmentant le besoin en éléments minéraux, grâce à leur activité complexant vis-à-vis d'ions di et trivalents, ils peuvent diminuer la disponibilité du calcium,

du fer, du cuivre...etc. De même, les tanins contribuent à augmenter le besoin en vitamines en abaissant les réserves hépatiques de vitamine A et la disponibilité digestive de la vitamine B12. Ces substances, en modifiant l'activité trophique du tube digestif, contribuent à augmenter les pertes endogènes de protéines, de vitamines et de minéraux (Barry T.N. et Mc Nabb W.C., 1999).

Une conséquence directe de la formation de complexes tanins-protéines solubles ou insolubles est la perte partielle ou totale d'activité des enzymes digestives (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

III.2.2. Effet toxique et antinutritionnel

Suit à la plus faible dégradation de l'aliment au niveau des différents compartiments digestifs, la digestibilité apparente de la matière sèche de l'aliment est diminuée, en relation avec une diminution de la digestibilité apparente des constituants des parois végétales et à celle d'azote. Les tanins sont donc considérés comme des facteurs antinutritionnels, qui dévalorisent les fourrages (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

Les effets antinutritionnels et/ou toxiques des tanins sont surtout associés à leur grande affinité à se combiner aux protéines endogènes et exogènes (protéines du tractus digestifs et diététiques), aux polymères (cellulose, hémicelluloses et pectine) et aux éléments minéraux, ralentissant ainsi leur digestion. Les associations protéines-tanins influent divers facteurs, tels que le goût et la valeur nutritive des aliments. En inhibant certaines enzymes, les tanins peuvent avoir des conséquences de destruction nutritionnelle envers les herbivores qui les ingèrent. Lorsqu'ils sont consommés par les herbivores, les tanins induisent des réponses négatives. Ces réponses peuvent être instantanées comme l'astringence ou tardives liées donc à leurs effets toxiques et antinutritionnels (Rira M., 2006).

Les effets des tanins au niveau moléculaire et l'exemple de la protéolyse montrent que ces molécules ont une capacité importante à se fixer sur diverses molécules, générant un encombrement spatial, voire une insolubilisation de certains polymères hydrosolubles. Chez les herbivores ingérant des végétaux riches en tanins, ceci se traduirait, en particulier, par une moindre utilisation digestive et métabolique de ces nutriments (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

La toxicité des tanins se manifeste à trois niveaux: l'ingestion, la digestibilité et le microbiote ruminal. Cette toxicité varie en fonction des tanins ingérés et de la tolérance de l'animal qui, à son tour, dépend de certaines caractéristiques telles que la nature du tractus digestif, le comportement alimentaire, la taille, l'âge et les mécanismes de détoxification (Rira M., 2006).

Certains tanins présentent une toxicité avérée ; les tanins hydrolysables sont en général plus toxiques que les tanins condensés et ceux présents dans le matériel végétal sont moins toxiques que ceux extraits et ajoutés à la ration alimentaire (Jean-Blain C., 1998; Jouany J. et Reperant J., 2007). La dose et la nature des tanins sont autant de facteurs dont il faut tenir compte pour éviter un effet négatif sur le bilan nutritionnel des animaux (Jouany J. et Reperant J., 2007).

III.2.3. Adaptation des ruminant à la consommation des tanins

Les herbivores adaptés à une alimentation riche en tanins ont su développer des mécanismes de protection, en particulier la synthèse de protéines salivaires riches en proline «neutralisation» les tanins ingéré, ces protéines particulières se fixent sur les tanins dès leur ingestion, lors de la mastication et de l'insalivation, et les neutralisent. Elles présentent une structure spécifique des tanins habituellement ingérés de façon à avoir une affinité suffisamment élevée pour que les tanins restent liés à ces protéines de la mastication jusqu'à l'excrétion dans les fèces (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

III.2.4. Effets bénéfiques des tannins condensés

Chez les ruminants, l'ingestion de quantités faibles à modérées (<45g TCs/Kg MS, dans le cas des légumineuses) de TCs a été associée à des effets bénéfiques sur les paramètres zootechniques, sur la physiologie digestive et sur la santé (Barry T.N. et Mc Nabb W.C., 1999).

III.2.4.1. Croissance et gain de poids

La consommation de plantes contenant des TCs en quantité modérée influe sur la croissance des jeunes animaux (Waghorn G. et Mc Nabb W.C., 2003; Ramírez-Restrepo C.A. *et al.*, 2005; Rochfort S. *et al.*, 2008). Ainsi, un gain de poids moyen de 8% a été observé chez des agneaux recevant du lotier corniculé (*Lotus corniculatus*; 2-4% TCs de la MS) (Aerts R.J. *et al.*, 1999). De même, chez des bovins, la consommation de feuilles de saule (*Salix sp*; 2,7% TCs de la MS) a permis de meilleurs gains de poids, lors du pâturage sur prairie pauvre pendant l'été, par rapport aux animaux ne consommant pas de TCs.

III.2.4.2. Production et qualité du lait

Chez les ruminants, l'ingestion de TCs influence le niveau de production et la qualité du lait (Aerts R.J. *et al.*, 1999; Min B.R. *et al.*, 2003; Waghorn G. et Mc Nabb W.C., 2003; Rochfort S. *et al.*, 2008). Lors d'une période de consommation de lotier corniculé (*L.corniculatus*), la production laitière a ainsi augmenté de 60% chez les bovins et de 21% chez les ovins (Min B.R. *et al.*, 2003). De même, chez des brebis en lactation, une étude récente a montré que la distribution de foin ou d'ensilage de sulla (*Hedysarium coronarium*) a été associée à une augmentation de la production de lait (Leto G. *et al.*, 2002), sans que celle-ci soit associée à une augmentation de l'ingestion.

Les TCs affecteraient aussi la composition du lait. Ainsi, il a été observé une augmentation du taux protéique de 10% chez des vaches et de 12% chez brebis ingérant des TCs, ainsi que le taux de lactose (14% chez les brebis), par rapport aux animaux témoins (Aerts R.J. *et al.*, 1999; Min B.R. *et al.*, 2003; Rochfort S. *et al.*, 2008). Leto G. *et al.* (2002) ont également remarqué une modification de la composition du lait et des caractéristiques des fromages de brebis consommant du sulla.

III.2.4.3. Production de laine

Comme la production de lait, l'effet de l'ingestion de TCs sur la production de laine est directement lié à leur teneur dans la ration (Aerts R.J. *et al.*, 1999; Min B.R. *et al.*, 2003). Ainsi, un apport modéré de TCs, de l'ordre de 2 à 4% de la ration, a été associé à une augmentation de la production. Par exemple, la consommation de lotier corniculé a induit une augmentation de 11% de la production de laine chez des ovins (Luque A. *et al.*, 2000), qui serait due à une absorption accrue d'acides aminés, en particulier de cystéine, indispensable pour la synthèse de la laine (Mc Nabb W.C. *et al.*, 1993).

III.2.4.4. Les performances reproductives

Peu d'études ont considéré les effets potentiels des TCs sur la reproduction. Néanmoins, quelques-unes ont montré que la consommation d'une légumineuse fourragère riche en TCs induisait de meilleures performances reproductives chez les brebis, mesurées par une augmentation du taux d'ovulation (Min W.C. *et al.*, 2001; Rochfort S. *et al.*, 2008). Luque A. *et al.* (2000) ont observé une augmentation du taux d'ovulation des brebis pâturant du lotier corniculé. De même, une corrélation positive entre le nombre de jours de pâture sur du lotier corniculé (2 à 3% TCs) et le taux d'ovulation des brebis a été notée (Ramírez-Restrepo C.A. et Barry T.N., 2005).

III.3. Les actions Pharmacologiques des tanins

III.3.1. Activité antioxydante

Les tanins ont de grandes capacités antioxydantes dues à leurs noyaux phénols. Elles ont la particularité d'inhiber la peroxydation des lipides, en agissant comme donneur de proton et accepteur de radicaux libres, stoppant ainsi le mécanisme d'auto oxydation (Perret C., 2001; Peronny S., 2005; Djemai Zoughlache S., 2009)

Les tanins sont un source majeure d'antioxydants naturels permettant de lutter contre le vieillissement cellulaire. Les tanins condensés du sorgho peuvent être utilisés comme additifs antioxydants dans les aliments gras (Hagerman A.E. *et al.*, 1998; Kumar G.S. *et al.*, 2006; Sikwese F.E. *et al.*, 2007).

Il a été démontré que les peuples utilisant une alimentation riche en antioxydants sont moins exposés à des maladies cardiovasculaires ou à certaines formes de cancer, (De ce fait, l'ingestion de polyphénols peut aider à la prévention de certaines maladies (Hertog M.G.L. *et al.*, 1993; Adamson G.E. *et al.*, 1999; Vinson A., 1995; Bohm H., 1998; Vinson A., 1995).

Les composés contenant une structure ortho-trihydroxylée, comme les gallotanins et les proanthocyanidines galloylées montrent une forte activité contre les anions superoxydes (O_2^-) (Ricardo-Da-Silva J.M. *et al.*, 1991; Plumb G.W., 1998; Cheynier V. *et al.*, 1992; Potterat O., 1997).

Il a aussi été démontré que le thé vert avait des propriétés antioxydantes (Vinson A. *et al.*, 1995; Benzie I.F.F. et Szeto Y.T., 1999; Miketova P. *et al.*, 2000; Lakenbrink C. *et al.*, 1999). Il est riche en gallocatéchines qui ont la propriété de neutraliser les radicaux OH^\cdot et HOO^\cdot grâce à leur potentiel redox bas. Dans une autre étude faite sur la propriété du piégeage radicalaire, il a été remarqué que les procyanidines dimériques peuvent emprisonner 8 radicaux pyroxyles alors que l'acide ascorbique emprisonne un seul radical, et l' α tocophérol emprisonne deux radicaux.

Uchida et ses collaborateurs suggèrent que les tanins condensés galloylés ont une action de piégeage radicalaire sur le radical 1-1 diphényl-2-picrylhydrazyl (DPPH) aussi sur l'anion superoxyde et OH^\cdot , $-OOH$. (De Bruyne T. *et al.*, 1999).

La taille des proanthocyanidines polymériques joue aussi un rôle important. Les dimères et trimères ont une activité antioxydante plus forte que les oligomères de taille supérieure (Plumb G.W. *et al.*, 1998; Ursini F. *et al.*, 2001).

Plusieurs propriétés structurales des tanins augmentent leur activité antioxydante: La galloylation, préférentiellement en position 3' augmente la capacité du piégeage pour les deux

O²⁻ et OH⁻, aussi le piégeage de O²⁻ est plus important pour les dimères procyanidines couplés par une liaison (4→8) que les dimères liés par (4→6) (De Bruyne T. *et al.*, 1999).

Les tanins hydrolysables et condensés sont 15 à 30 fois plus efficaces que les phénols simples (Peronny S., 2005). De même, il a été démontré *in vitro* que les tanins sont plus actifs que les vitamines. Des études faites montrèrent que les procyanidines B1 et B3 sont des antioxydants pour l'acide linoléique, et ils ont une activité antioxydante supérieure à celle de l'acide ascorbique et l' α tocophérol (Djemai Zoughlache S., 2009).

III.3.2. Activité antiparasitaire

La consommation des plantes à tanins peut affecter la biologie de certaines espèces de parasites intestinaux (Peronny S., 2005 ; Djemai Zoughlache S., 2009).

L'utilisation de substances comme les tanins ou les saponines capables de complexer les protéines alimentaires, permet d'augmenter le flux intestinal des acides aminés et de réduire les rejets d'azote soluble dans l'environnement. Des études récentes montrent que les tanins végétaux peuvent également être utilisés pour lutter contre les infestations de nématodes qui parasitent le tube digestif des ruminants, en particulier au pâturage (Jouany J. et Reperant J., 2007). Parmi les produits «alternatifs», la littérature décrit les tannins condensés comme étant les plus efficaces pour contribuer au contrôle des parasites gastro-intestinaux chez les petits ruminants (Vandiest P., 2007).

Les tanins condensés ont un effet positif sur la capacité de l'animal à lutter contre les strongyloses gastro-intestinales mais aussi sur sa capacité à maintenir un niveau de production malgré la présence de parasite. Les différentes études réalisées chez les caprins et les ovins mettent en évidence une efficacité relative des tanins condensés (10 à 12% de légumineuses) pour lutter contre le parasitisme gastro-intestinal. Ils engendrent une réduction des œufs du parasite dans les fèces, ce qui permet une moindre contamination des pâturages et donc évite une infestation massive des ruminants. Ceci conduit à une meilleure croissance, un meilleur gain de poids et une augmentation dans la production de laine (Barry T.N. et Mc Nabb W.C., 1999; Makkar H.P.S., 2003).

III.3.3. Activité antibactériennes

Les tannins ont une action antibactérienne puissante la croissance des bactéries ruminales (dont certains sont sporogènes) comme *Clostridium aminophilum*, *Butyvirio fibrisolvens*, *Clostridium proteoclasterium* (Leitao D.P. *et al.*, 2005) ainsi que les bactéries responsables les différentes infections chez l'homme: *E.coli*, *Staphylococcus aureus*,

Helicobacter pylori, *Proteus mirabilis*. L'inhibition bactérienne par les tanins est dépendante de la structure et du degré de polymérisation de ces derniers (Sivakumaran S. *et al.*, 2004).

Les tannins ont des effets défavorables et bénéfiques, dépendant sur leur concentration et nature. Niveaux bas de tannin en alimentations peut bénéficier des ruminants de protéger des protéines contre la désamination bactérienne et par l'empêchement enflé (Kumar R., 1991).

Les tanins limiteraient la digestion microbienne de ce type de protéines ainsi que la viscosité du milieu. Certains tanins, en particulier les tanins hydrolysables de légumineuses arbustives, peuvent avoir un effet défavorable sur les protozoaires du rumen (Tableau 02) (Odenyo A.A. *et al.*, 1997) qui expliquerait en partie la diminution de la protéolyse ruminale (Jouany J. et Reperant J., 2007).

Les tanins, et les polyphénols en générales, contribuent à la protection du végétal contre les infections d'origine microbienne et virale. Les micro-organismes présentent des réactions diverses en présence d'un milieu contenant des tanins. Ces comportements dépendent également des types de tanins, les tanins condensés ayant un effet inhibiteur plus marqué sur l'activité microbienne.

Elles limitent l'offre d'azote aux animaux, sans compter qu'empêcher la croissance et l'activité de la flore microbienne ruminale. Cependant, quelques microbes gastro-intestinaux sont capable d'hydrolyser le complexes de tannin - protéine tandis que préférentiellement tannins hydrolysable dégradants (THs). *Streptococcus gallolyticus*, *koalarum* de *Lonepinella* et ruminantium de *Selenomonas* sont les espèces bactériennes dominantes qui ont capacité de dégrader THs (Tableau 02). Ces micro-organismes tanninolytiques posséder les capacités tannin-dégradantes et ont développé certain mécanismes pour tolérer des tannins en alimentations. Par conséquent, choix de microbes et transinoculation tanninolytique efficaces parmi les animaux pour les avantages à long terme deviennent des secteurs d'intérêt intensif (Springer V., 2005).

Les effets synergiques des ellagitannins avec des antibiotiques contre les bactéries résistant aux antibiotiques est un de les activités antimicrobiennes les plus apparentes des tannins (Hatano T. *et al.*, 2006). Corilagin et tellimagrandin I nettement a renforcé l'activité β - des lactames contre *Staphylococcus aureus méthicilline-résistant* (MRSA) (Shiota S. *et al.*, 2004; Okuda T. et Ito H., 2011).

Tableau 02: Effets in vitro et in vivo de tanins sur des flores du rumen

Micro-organismes	Tanins	Effets
Flore du rumen de moutons nourris de feuilles de <i>Quercus incana</i> .	Tanins in situ des feuilles ingérées.	In vivo : diminution de la quantité des protéines et de la synthèse des ADN et ARN des micro-organismes.
Protozoaires du rumen de moutons ingérant du foin de luzerne.	Tanins in situ de lotier.	In vivo : population inchangée en quantité mais modification de la composition des souches présentes.
Bactéries du rumen de moutons ingérant du foin de luzerne.	Tanins in situ de lotier.	In vitro : modification du comportement des bactéries : agrégation en micro-colonies sur les tiges et les feuilles riches en tanins et pénétration microbiennes moins efficace.

(Makkar H.P.S. *et al.*, 1988; Chiquette J. *et al.*, 1989)

III.3.4. Activité antivirale

L'activité antivirale des tanins est due à la fixation des molécules des tanins à l'enveloppe protéique du virus ou la membrane de la cellule hôte et par conséquent l'inhibition de l'adsorption et la pénétration virale ; cependant, dans certains cas la fixation cause seulement des changements mineurs à la surface virale, la pénétration reste mais l'enlèvement de l'enveloppe virale est inhibé. Plusieurs types de virus sont inactivés par les tanins, le virus Herpes simplex (HSV-1, HSV-2) est inhibé par les tanins hydrolysables et les tanins condensés galloylés de plusieurs extraits des plantes.

Les tanins ont aussi rapportés d'inactiver le virus *tobacco mosaïque*, et poliovirus. L'acide tannique est capable d'inhiber la réplication du virus d'influenza, *Coxsackievirus*, *echovirus*, *reovirus*, virus d'herpes (Chung K-t et Wei C-I., 2001). Les oligomères proanthocyanidins présentent une activité antivirale contre le virus respiratoire syncytial (RSV), virus d'influenza A (FLU-A) et le virus para influenza (PIV), en outre l'hépatite A et B.

Les tanins ont un autre effet inhibiteur de la réplication virale, c'est l'inhibition de la transcriptase inverse des rétrovirus comme virus (HIV) ; cette inhibition est influencée par la galloylation, l'étendue de l'oligomérisation, la différence de la liaison inter-flavan, la stéréochimie de la fonction 3 hydroxyle (Djemai Zoughlache S., 2009).

III.3.5. Activité antifongique et anti-levure

Plusieurs types de champignons sont inhibés par les tanins. Les champignons filamenteux comme *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Chaetomium cupreum*, *Collectotrichum graminicola*, *Coniphora olivacea*, *Coriolus versicolor*, *Crinepellis perniciososa*, *Fomes annosus*, *Gloeophyllum trabeum*, *Merulius lacrymans*, *Penicillium*, *Poria monticola*, *Trametes hirsuta* et *Trichaderma viride* sont inhibés par les tanins de différentes préparations. De même, différentes levures incluant *Saccharomyces crevisiae* sont aussi sensibles aux tanins (Djemai Zoughlache S., 2009).

III.3.6. Activité antitumorale

Plusieurs genres d'activités anticarcérogènes des tannins ont été trouvés. L'inhibition de la tumeur la promotion par des tannins qui le plus intensivement a été étudiée est celle d'EGCG (Yoshizawa S. *et al.*, 1987). Le potentiel anticarcérogénique des tanins peut être lié à leur propriété antioxydante qui apparaît importante dans la protection cellulaire des dommages oxydatifs. Des activités Antitumoral ont été également trouvées pour différents tannins des usines asiatiques (Okuda T. *et al.*, 1992 ; Okuda T. et Ito H., 2011). Une forte inhibition de la progression des tumeurs a été démontrée expérimentalement pour plusieurs types de tanins sur deux étapes de la cancérogenèse (Perchellet E.M., 1996). Plusieurs tanins hydrolysables oligomériques, et leurs composés apparentés, révèlent une forte activité antitumorale qui peut être due à l'amélioration des réponses immunitaires de l'animal hôte, à travers leur action sur les cellules de la tumeur et sur les immunocytes (Rira M., 2006).

En concentrations relativement faibles, les tanins stimulent l'activité des enzymes digestives et inhibent la mutagénicité de plusieurs agents cancérogènes. Cette action est, en partie, attribuée à leur capacité à former des liaisons avec ces composés, ce mécanisme d'inhibition dépend du type de mutagènes (Perchellet E.M., 1996).

Une étude faite sur la plante *Eugenia jambos* a été suggérée que les tanins hydrolysables de cette plante induisent l'apoptose sur les cellules humaines leucémiques ce qui présente un autre mécanisme d'activité antioxydante des tanins (Yang L-L. *et al.*, 2000). Autre étude faite sur les tanins de sorghum suggère l'activité anticarcérogénique des tanins de sorghum sur les cellules humaines de mélanome (Awika J-M. et Rooney L.W., 2004 ; Djemai Zoughlache S., 2009).

III.3.7. Activité antiseptique

L'activité antiseptique des tannins a été largement décrite. Certaines drogues à tannins présenteraient des effets antimicrobiens, antifongiques ou antiviraux. Néanmoins, les applications actuelles en thérapeutique restent restreintes (Bruneton J., 1999; Hatano T. *et al.*, 2005).

III.3.8. Activités antidiarrhéiques

Toutes les études menées présentent les tanins comme étant des substances antidiarrhéiques. Cette activité semble être liée à leur pouvoir astringent et anti-infectieux (Biaye M., 2002).

III.3.9. Prévention des maladies cardiovasculaire

Il est intéressant de rappeler que les tannins du jus de raisin et du vin auraient un effet préventif à l'égard des maladies cardiovasculaires (décrit comme le «French Paradox») (Bruneton J., 1999).

III.3.10. Activité thérapeutique due à l'astringence

L'astringence est une des caractéristiques des tanins. De nombreuses études ont été réalisées afin d'évaluer leur impact sur l'astringence (structure et quantité). Une des principales caractéristiques structurales rapportée comme ayant une influence sur les propriétés astringentes des tanins est leur degré de polymérisation (DP) (Francis C., 2010).

Il en résulte un phénomène d'astringence provenant de la formation de complexes entre les tanins et les glycoprotéines salivaires. Ces effets se manifestent du point de vue sensoriel par une sécheresse de la bouche due à la contraction des canaux salivaires (Mitjavila S. *et al.*, 1997; Rira M., 2006).

Par voie externe, les tanins imperméabilisent les couches les plus externes de la peau et des muqueuses, protégeant ainsi les couches sous-jacentes; elles ont également un effet vasoconstricteur sur les petits vaisseaux superficiels.

En limitant les pertes en fluides et en empêchant les agressions extérieures, les tanins favorisent la régénération des tissus en cas de blessures superficielles ou de brûlure (Bruneton J., 1999). Sur les blessures, les tanins induisent la cicatrisation par différents mécanismes cellulaires, en favorisant la contraction de blessure, l'augmentation de la formation des vaisseaux capillaires et des fibroblastes; et induisant la prolifération des kératinocytes (Lopes G-C. *et al.*, 2005). Par voie interne, ils exercent un effet antidiarrhéique (Bruneton J., 1999),

qui est du à l'inhibition de la motilité intestinale (De Bruyne *et al.* 1999; Djemai Zoughlache S., 2009).

III.3.11. Autres activités pharmacologiques des tanins

Les tanins ont une activité anti inflammatoire. Tits et ses collaborateurs montrèrent une importante activité anti inflammatoire des prodelphinidines isolés de *Ribes nigrum*. Les effets cardiaques et vasculaires des tanins sont aussi démontrés, Calixto et ses collaborateurs dénotèrent que l'acide tannique affecte la disponibilité du calcium pour la contraction des muscles lisses et cardiaques .En effet par fixation de l'acide tannique avec le Ca^{++} , l'acide tannique présente un effet hypotensif.

D'ailleurs des études faites montrent l'effet d'inhibition d'agrégation plaquettaire dans le plasma humain et le plasma du rat par deux procyanidines trimériques et un dimère thioether.

Outre ces activités, les tanins présentent une activité antiulcéreuse, (Peronny S., 2005; Djemai Zoughlache S., 2009).

Les tanins sont également utilisés dans les manifestations subjectives de l'insuffisance veineuse, dans la symptomatologie hémorroïdaire, dans l'hygiène buccale, comme antihémorragique, antidysentérique, dans les troubles de l'érythisme cardiaque et les troubles de sommeil (Biaye M., 2002).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les tanins sont des métabolites secondaires et des composées polyphénoliques ayant la propriétés de tanner la peau, c'est-à-dire la rendre dure et imputrescible, et variées pouvant se lier très facilement à de nombreuses molécules, en particulier les protéines, et perturber ainsi les mécanismes biologiques, on distingue généralement deux types des tanins:

- Les tanins hydrolysables qui sont des esters d'oses et d'acide gallique ou digallique.
- Les tanins condensés non hydrolysables et dérivant des catéchols et des proanthocyanidols par condensation des molécules (Biaye M., 2002).

Les tanins sont des corps généralement amorphes, solubles dans l'eau et l'alcool, et insolubles dans les solvants organiques apolaires (Bouhadjera K., 2005).

Les zones à végétation riche en tanins constituent des surfaces importantes qu'il convient d'entretenir (objectif de prévention contre l'incendie en garrigue méditerranéenne). La gestion de ces espaces peut être réaliser en utilisant des animaux adaptés (chèvres) ou en recherchant des procédés pour éliminer les tanins : procédés physiques ou chimiques, traitement à l'urée ou ajout de complexant pour les neutraliser (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

Les tanins condensées et hydrolysables sont mis en évidence par les réactions colorées générales; les colorants plus utiliser (l'acide phosphotungstique sulfate de cuivre ammoniacal), ou par les réactions de différenciation la principale réactif est STIANY (Biaye M., 2002).

L'utilisation des solvants organiques (acétone, méthanol, éthanol) pour l'extraction des tanins est plus rentable que les agents oxydants, parce que les tanins peuvent être récupérés et réutilisés pour le traitement du cuir ou pour d'autres applications industrielles (Rira M., 2006).

Le dosage des tanins s'avère indispensable si l'on veut connaître leur teneur dans une espèce végétale. Parmi les différentes techniques existantes, certaines permettent de mesurer simultanément les taux de tanins totaux (c'est-a-dire les taux de tanins hydrolysables et condensés). Parmi les méthodes les plus utilisées, on peut citer les méthodes pondérales par précipitation (Sabater F., 2012).

La médecine traditionnelle a longtemps été décrite comme désuète et inefficace face à une médecine moderne en plein essor. Actuellement, les chercheurs tendent à porter de l'importance aux traitements utilisés par ces peuples primitifs qui utilisent des cocktails de plantes pour guérir leurs maux (Haslam E., 1998).

De nombreux tanins présentent des propriétés anti-oxydantes, grâce à leurs fonctions phénoliques qui ont un fort caractère nucléophile (Bruneton J., 1999). Des activités antimutagènes et anticancéreux ont été attribuées à certains tanins, car ces derniers peuvent perturber le processus de réplication de l'ADN, induisant ainsi des mutations cancérigènes (Richelle M.*et al.*, 2001).

Les tanins peuvent également inactiver des enzymes grâce à leur capacité à complexer les protéines (Sabater F., 2012).

Les plantes riches en tanins sont utilisées dans les cas de rhume, de maux de gorge, les problèmes de sécrétions trop importantes, les infections internes ou externes, blessures, coupures et brûlures (Bruneton J., 1999).

Trois mécanismes de toxicité de tannin dans des micro-organismes de rumen ont été suggérés (à savoir inhibition d'activité enzymatique et privation de substrat, action sur biologique membranes et privation d'ion en métal) (Mcsweeney C.S. *et al.*, 2001; Scalbert A., 1991). Inhibition de l'activité enzymatique est le mécanisme le plus commun (Reed J.S., 1995; Goel G.*et al.*, 2005).

Ils sont utilisés principalement en tant qu'anti inflammatoire, digestif, diurétique et dans le traitement de l'hypertension artérielle. Des études ont montré des différences pharmacologiques en fonction de différentes classes de polyphénols (Perret C., 2001).

Résumé

Résumé

Les polyphénols sont des métabolites végétaux produits lors du métabolisme secondaire. Parmi ces produits secondaires, les tannins sont des formes extrêmement fréquentes et diversifiées, On les divise selon la structure en deux types: les tannins hydrolysables et les tannins condensés. La biosynthèse des tanins se fait par deux voies principales qui sont: voie shikimate et malonate. Les tanins ont la capacité de solubiliser et de se lier avec les protéines, ions métalliques et acides nucléiques. Les tanins localisent dans les tissus végétaux à quantité variée selon l'espèce. Ils ont mis en évidence par plusieurs réactifs comme le chlorure ferrique 1%, l'acétate de plomb 10%...etc. Pour faire l'extraction des tanins en utilisant un solvant organique polaire; le dosage des tanins est délicat, il est difficile d'obtenir une extraction complète et les méthodes fondées sur les caractères phénoliques ne sont pas toutes spécifiques. Les tanins ont des actions biologiques; on distingue qu'ils ont un rôle principale dans la défense chez les végétaux, aussi, ils ont des effets toxiques et antinutritionnels sur la digestibilité des plantes riches en tanins chez les animaux, et des actions pharmacologiques tels que l'activité antibactérienne, antioxydant, antifongique et antivirale.

Mots clés : les tanins, les tanins hydrolysables, les tanins condensées, extraction, dosage, actions biologiques et pharmacologiques.

Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- Abi Azar R. (2007). Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de Doctorat. Ecole doctorale abies. 195 P.
- Adamson G. E., Lazarus S. A., Mitchell A. E. et Prior R.L. (1999). HPLC method for the quantification of procyanidins in Cocoa and chocolate samples and correlation to total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47. 4184-8. *In* (Perret C., 2001).
- Aerts R.J., Barry T.N. et Mc Nabb W.C. (1999). Polyphénols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 75 (1-2), 1-12. *In* (Brunet S., 2008).
- Aissam H. (2003). Etude de la biodégradation des effluents des huileries (margines) et leur valorisation par production de l'enzyme tannase. Thèse de Doctorat. Université sidi Mohamed ben Abdallah. 155 P.
- Akroum S. (2006). Etude des propriétés biochimiques des polyphénols et tannins issus de *Rosmarinus officinalis* et *Vicia faba L.* Mémoire de Magister. Université Mentouri de Constantine. 96 P.
- Akroum S. (2011). Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. These de doctorat. Université Mentouri de Constantine. 115 P.
- Ammar H., López S., Kammoun M., Bodas R., Giráldez F. et González J. (2009). Feeding quebracho tannins to sheep enhances rumen fermentative activity to degrade browse shrubs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 149 (1): 1-15. *In* (Akroum S., 2011)
- Awika J-M et Rooney L.W. (2004). Sorghum phytochemicals and their impact on human health. *Phytochemistry* ,65: 1199-1221. *In* (Djemai Zoughlache S., 2009).
- Ba K., Tine E., Destain J., Cissé N. et Thonart Ph. (2010). Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt .14(1), 131-139 PP
- Barry T.N et Manley T.R. (1984). The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep 2-Quantitative digestion of carbohydrate and protein. *Br.J.Nutr.*,51, 493-504. *In* (Zimmer N. et Cordesse R., 1996)
- Barry T.N. (1989). Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. *In* The Roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion, J.V. Nolan, R.A. Leng, D.I. Demeyer

- (eds). Armidale NSW 2351. Australia. Penambul Books. 153-169 PP. *In* (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Barry T.N. et Mc Nabb W.C. (1999). The implication of condensed tannins on nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Brit. J. Nutr.* 81: 263-272 PP. *In* (Rira M., 2006; Brunet S., 2008).
 - Bellebcir L. (2008). Etude des composés phénoliques en tant que marqueurs de biodiversité chez les céréales. Mémoire de Magister. Université mentouri de Constantine. 119P
 - Benzie I. F. F. et Szeto Y. T. (1999). Total antioxidant capacity of teas by the Ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:633-6. *In* (Perret C., 2001)
 - Biaye M. (2002). Action pharmacologique des tanins. Thèse de doctorat. université cheikh anta diop de dakar. 53 P.
 - Boufennara S., (2012). Effet des tanins sur la fermentescibilité in vitro et la digestibilité in sacco de végétaux et de sous-produits de l'agronomie des zones arides. Essai de modélisation des fermentations du microbiote ruminal. Thèse de Doctorat. Université Mentouri de Constantine. 161P.
 - Bouhadjera K. (2005). Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana R.Br.* et *Aristida pungens L.* Thèse de Doctorat. Université abou bekr belkaid. 146 P.
 - Bruneton J. (1999). Tanins *In* : Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes medicinales. ed. TEC&DOC. Paris. 369-404 PP. *In* (Sabater F., 2012).
 - Brunet S. (2008). Analyse des mécanismes d'action antiparasitaire de plantes riches en substances polyphénoliques sur les nématodes du tube digestifs des ruminants. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 246 P.
 - Cheynier V., Rigaud J. et Ricardo-da-Silva J.M. (1992). Structure of proanthocyanidin oligomers isolated from grape seeds in relation to some of their chemical properties, in "Plant Polyphénols, synthesis, properties and significance" (P.E.Laks. Ed.). Plenum Press. New-York. *In* (Perret C., 2001).
 - Chiquette J., Cheng K.J., Rode L.M. et Milligan L.P. (1989). Effect of tannin content in two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil *Lotus corniculatus* on feed digestibility and rumen fluid composition in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 69. 1031-1039 PP. *In* (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).

- Chung K-t et Wei C-I. (2001). Are tannins a double edged sword in biology and health?. *Trends in Food Science et Technology*, 9:168-175. In (Djemai Zoughlache S., 2009).
- Daiber K.H. (1975). Enzyme inhibition by polyphénols of sorghum grain and malt. *J. Sci. food Agric.* 26. 1399-1411 PP. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Dangles O., Stoeckel C., Wigand M.C. et Brouillard R. (1992). Two very distinct types of anthocyanin complexation: Copigmentation and inclusion. *Tetrahedron Lett.* 33: 5227-30. In (Akroum S., 2011).
- Debra A., Pearson H. H. S., Lazarus S.A. et Keen C.L. (2001). Inhibition of in vitro low-density lipoprotein oxidation by oligomeric procyanidins present in chocolate and cocoas. *Methods in Enzymology* 335. 350-60 PP. In (Perret C., 2001).
- De Bruyne T., Pieters., Deelstra H. et Vlietink A. (1999). Condensed vegetable tannins :Biodiversity and biological activities .*Biochemical Systematics and Ecology*, 27 :445-459. In (Djemai Zoughlache S., 2009).
- Diallo A. (2005). Etude de la phytochimie et des activites biologiques de *syzygium guineense* willd. (*myrtaceae*). Thèse de doctorat. Université de Bamako. 99 P.
- Djemai Zoughlache S. (2009). Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus Lotus* L. Memoire de Magister. Université -el hadj lakhder -batna . 72 P.
- Francis C. (2010). Contribution de la spectrométrie de masse à l'étude des interactions entre les protéines salivaires riches en proline et les tanins. Thèse de doctorat. Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques. 272 p.
- Frutos P., Hervás G., Giráldez F.J., et Mantecón A.R. (2004). Tannins and ruminant nutrition. 2.191-202 PP.
- Goel G., Puniya A.K., Agnilar C.N. et Singh K. (2005). Interaction of gut micro-flora with tannins in feeds. Vol: 92. 497–503 PP.
- Goldstein J.L. et Swain T. (1965). The inhibition of enzymes by tannins. *Phytochemistry*. 4. 185-192 PP. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Hagerman A.E., Riedl K.M., Jones G.A., Sovik K.N., Ritchard N.T. Hartzfeld P.W., et Richel T.L. (1998). High molecular weight plant phenolics (tanins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 1887-1892 PP. In (Ba K et al., 2010).
- Hagerman, A.E. (2002). Tannin Chemistry (www.users.muohio.edu/hagermae). In (Brunet S., 2008).
- Haslam E. (1998). Practical Polyphenolics: from structure to molecular recognition and physiological action, Cambridge University Press, Cambridge. In (Perret C., 2001).

- Hatano T., Tsugawa M., Ohyabu T., Kusuda M., Shiota S., Tsuchiya T. et Yoshida T. (2006). Effects of polyphenols in tea and foods on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and the sustainability of the antibacterial effects in the presence of food additives. J. Jpn. Soc. Med. Use Funct. Foods. 4. 43-48 PP. In (Okuda T. et Ito H., 2011).
- Hedqvist H. (2004). Metabolism of Soluble Proteins by Rumen Microorganisms and the Influence of Condensed Tannins on Nitrogen Solubility and Degradation. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala (Suweden). In (Rira M., 2006).
- Hertog M.G.L., Hollman P.C.H. et Van de Putte B. (1993). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wine and fruit juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 41. 1242-6 PP. In (Perret C., 2001).
- Jean-Blain C. (1998). Aspects nutritionnels et toxicologiques des tanins Rev. Méd. Vét. 149. 911-920 PP. In (Sabater F., 2012; Jouany J et Reperant J., 2007; Brunet S., 2008).
- Jouany J. et Reperant J. (2007). Propositions pour une démarche d'évaluation de substances ou de produits «nouveaux» destinés à l'alimentation animale Cas particulier des substances et produits à base de plantes. Ed. afssa. 63 P.
- Kechkar M. (2008). Extraction de la silymarine et étude de son activité antimicrobienne. Mémoire de Magistère. Université de Mentouri Constantine. P84.
- König M., Scholz E., Hartmann R., Lehmann W. et Rimpler H. (1994). Ellagitannins and complex tannins from *Quercus patrae* bark. J. Nat. Product. 57: 1411-15. In (Akroum S., 2011).
- Kumer A. et Vaithyanathan S. (1990). Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. Anim. Feed Sci. technol. 30. 21-38 PP. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Kumar G.S., Nayaka H., Dharmesh S.M. et Salimath P.V. (2006). Free and bound phenolic antioxidant in amla (*Emblic officinalis*) and turmeric (*Curcuma longa*). J. Food Compos. Anal. 19. 446-452 PP. In (Ba K. *et al.*, 2010).
- Kumer R. et Singh M. (1984). Tannins: their adverse role in the ruminant nutrition. J. Agric. Food Chem. 32. 447-453. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Kumar R. (1991). Anti-nutritional factors: the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. In: Speedy A, Pugliese JL (eds) Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Proceedings of the FAO expert consultation.

- Kumbaşlı M., (2005). études sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Thèse de doctorat. Université Laval. 176P.
- MARDI. Kuala Lumpur. Malaysia. 14–18 October 1991 (<http://www.fao.org>). In (Goel G. et al., 2005).
- Lakenbrink C., Engelhardt U.H., et Wray V. (1999). Identification of two novel proanthocyanidins in green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47. 4621-4. In (Perret C., 2001).
- Leinmüller E., Steingass H. et Menke K.H. (1991). annins in Ruminant feed stuff. Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim (Germany). In (Rira M., 2006).
- Leitao DP., Polizello A.C., Ito I.Y., et Spadaro A.C. (2005). Antibacterial screening of anthoyanic and proanthoyanic fractions from cramberry juice. *J led food*: 8(1).36-40PP. In (Kechkar M., 2008).
- Leto G., Todaro M., Di Noto A.M. et Alicata M.L. (2002). Comparaison of Sulla-hay and Sulla-silage in the lacting ewes and their effects on milk and cheese characteristics. *Small Rum. Res.* 45, 301-306. In (Brunet S., 2008).
- Lopes G-C., Sanches A-C-C., Nakamura C-V., Dias Filho B-P., Hernandez L. et Carlos P de Mello J. (2005). Influence of extracts of *Stryphnodendron polyphyllum* Mart. And *Stryphnodendron obovatum* Benth. On the cicatrisation of cutaneous wounds in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 99:265-272. In (Djemai Zoughlache S., 2009).
- Luque A., Barry T.N., Mc Nabb W.C., Kemp P.D. et Mc Donald M.F. (2000). The effect of grazing *Lotus corniculatus* during summer-autumn on reproductive efficiency and wool produciton in ewes. *Aust. J. Agric. Res.* 51, 385-391. In (Brunet S., 2008).
- Madi A. (2010). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine. 110 P.
- Mahapatra K., Ranjan K.N., Subhendu Sekher B.A.G., Banerjee R., Pandey A. et Szakacs G. (2005). Purification, characterization and some studies on secondary structure of tannase from *Aspergillus awamori* nakazawa. *Process Biochem.* 40 (10): 3251-4. In (Akroum S., 2011)

- Makkar H.P.S., Singh B. et Dawra R.K. (1988). Effect of tannin-rich leaves of oak (*Quercus incana*) in various microbial enzymes activities of the bovine rumen. Br. J. Nutr. 60. 287-296 PP. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Makkar H.P.S. (2000). Quantification of tannins in tree foliage: Working document. In: FAO/ IAEA, Vienna.
- Makkar H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Small Ruminant Research. 49: 241-256 PP. In (Rira M., 2006).
- Mangan J.L. (1982). The nitrogenous constituents of fresh forage. In Forage Protein in Ruminant Animal Production, British Society of Animal Production Occasional Publications .D.J. Thompson. D.E. Beaver. R.G. Gunn (eds).Thames Ditton, vol 6. 25-40 PP. In (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Manolaraki F. (2011). Propriétés anthelminthiques du sainfoin (*Onobrychis viciifoliae*) : Analyse des facteurs de variations et du rôle des composés phénoliques impliqués. Thèse du doctorat. INP de Toulouse. 185 P.L.
- McDonald I.W. et Hall R.J. (1957). The conversion of casein into microbial proteins in the rumen. Biochem. J.67. 400-405 PP. In (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Mc Manus J.P. Davis K.G. Beart J.E. Gaffney S.H. et Lilley T.H. (1985). Polyphenol interactions. Part 1. Introduction, some observations on the reversible complexation of polyphénols with proteins and polysaccharides. J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2. 1429-1438 PP. In (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Mc Nabb W.C., Waghorn G., Barry T.N. et Shelton I.D. (1993). The effect of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on the digestion and metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphur in sheep. Br. J. Nutr. 70 (2), 647-661. In (Brunet S., 2008).
- Mcsweeney C.S., Palmer B., Bunch R. et Krause D.O. (2001). Microbial interaction with tannins: nutritional consequences for ruminants. Animal Feed Science and Technology. 91.83-93 PP. In (Rira M., 2006; Goel G. et al., 2005).
- Miketova P., Schram K.H., Withney J., Li M., Huang R., Kerns E., Valcic S., Timmermann B.N., Rourick R., et Klohr S. (2000). Tandem mass spectrometry studies on green tea catechins. Identification of three minor components in the polyphenolic extract of green tea. Journal of Mass Spectrometry 35. 860-9 PP. In (Perret C., 2001).

- Min B.R., Fernandez J.M., Barry T.N., Mc Nabb W.C. et Kemp P.D. (2001). The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in ewes during autumn. *Anim. Feed Sci. Technol.* 92 (3-4), 185-202. *In* (Brunet S., 2008).
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T. et Mc Nabb W.C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106 (1-4), 3-19. *In* (Brunet S., 2008).
- Mitjavila S., Lacombe G., Carrera G. et Derache R. (1997). Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. *J. Nutr.*, 2113-2121. *In* (Rira M., 2006).
- Mueller-Harvey I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health *J. Sci. Food Agric.* 86. 2010-2037 PP. *In* (Sabater F., 2012).
- Nastis A.S. et Malechek J.C. (1981). Digestion and utilization of nutrients in oak browse by goats *J. Anim. Sci.* 53. 283-289 PP. *In* (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Odenyo A.A., Osuji P.O. et Adinew K. (1997). Microbiological evaluation of *Acacia angustissima* as a protein supplement for sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 65. 99-112 PP. *In* (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Okuda T., Yoshida T. et Hatano T. (1992). Polyphenols from Asian plants, structural diversity and antitumor and antiviral activities. In *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II, Antioxidants and Cancer Prevention*; Huang, M.-T., Ho, C.-T., Lee, C.Y., Eds.; American Chemical Society: Washington DC, USA., 160-183 PP. *In* (Okuda T. et Ito H., 2011).
- Okuda T. et Ito H. (2011). Tannins of Constant Structure in Medicinal and Food Plants Hydrolyzable Tannins and Polyphenols Related to Tannins vol: 16. 2191-2217PP.
- Paolini V., Dorchies Ph. et Hoste H. (2012). Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. INRA/ENVIT. N°31076. 5 P.
- Perchellet E.M. (1996). Ability of tannins extracted from various tree leaves to inhibit the biomarkers of tumor promotion in mouse skin in vivo. *Int. J. Oncol.* 9 .801–809 PP. *In* (Rira M., 2006).
- Peronny S. (2005). La perception gustative et la consommation des tannins chez le MAKI (Lemur Catta).Thèse de Doctorat du Muséum national d'histoire naturelle .Discipline Eco-Ethologie .151P. *In* (Djemai Zoughlache S., 2009).

- Perret C. (2001). Analyse de tanins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. Thèse de Doctorat. Université de Neuchâtel. 173 P.
- Pinto G.A.S., Leite S.G.F., Terz S.C. et Couri S. (2001). Selection of tannase producing *Aspergillus niger* strains. *Braz. J. Microbiol.* 32 (1): 75-9. *In* (Akroum S., 2011).
- Plumb G.W. (1998). Antioxidant properties of catechins and procyanidins: effect of polymerization, gallylation and glycosylation. *Free Radical Research.* 29. 351-8 PP. *In* (Perret C., 2001).
- Porter L.J., Hrstich L.N. et Chan B.G. (1986). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidins and delphinidin. *Phytochemistry* 1, 223-230. *In* (Brunet S., 2008).
- Potterat O. (1997). Antioxydants and free radical scavengers of natural origin. *Current Organic Chemistry* 1. 415-40 PP. *In* (Perret C., 2001).
- Ramírez-Restrepo C.A. et Barry T.N. (2005). Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *An. Feed Sci. Technol.* 120 (3-4), 179-201. *In* (Brunet S., 2008).
- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., Pomroy W.E., Lopez-Villalobos N., Mc Nabb W.C. et Kemp P.D. (2005). Use of *Lotus corniculatus* containing condensed tannins to increase summer lamb growth under commercial dryland farming conditions with minimal anthelmintic drench input. *An. Feed Sci. Technol.* 122 (3-4), 197-217. *In* (Brunet S., 2008).
- Ricardo-Da-Silva J.M., Darmon N. et Fernandez Y. (1991). Oxygen free radical scavenger capacity in aqueous models of different procyanidins from grape seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39(9). 1549-52 PP. *In* (Perret C., 2001).
- Richelle M., Tavazzi, I. et Offord E. (2001). Comparison of the antioxidant activity of commonly beverages (coffee, cacao, and tea) prepared per cup serving. *J. Agric. Food Chem.* 49. 3438-3442 PP. *In* (Sabater F., 2012).
- Rira M. (2006). Effet des polyphénols et des tanins sur l'activité métabolique du microbiote ruminal d'ovins. Mémoire de Magister. Université mentouri Constantine. N° d'ordre: 116/ MAG/ 2006. 95 P.
- Rochfort S., Parker A.J. et Dunshea F.R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry* 69 (2), 299-322. *In* (Brunet S., 2008).

- Sabater F. (2012). Détermination d'une dose efficace et d'une dose toxique de tanins condensés dans le contrôle des strongyloses digestives chez les caprins. INR Toulouse. N° d'ordre: 4019. 138 P.
- Scalbert A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry* 30:3875. 3883 PP. *In* (Goel G et al., 2005).
- Schofield, P., Mbugua, D.M. et Pell, A.N. (2001). Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91, 21-40. *In* (Brunet S., 2008).
- Seigler D.S., Seilheimer S., Keesy J. et Huang H.F. (1986). Tannins from four common *Acacia* species of Texas and northeastern Mexico. *Econ. Bot.*, 40 (2): 220-32. *In* (Akroum S., 2011).
- Sereme A., Millogo-rasolodimby J., Guinko S. et Nacro M. (2008). Propriétés thérapeutiques des plantes à tanins du Burkina Faso. *Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines*, Vol.15 .P: 41–49.
- Sikwese F.E. (2007). Antioxidant effect of crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. *Food Chem.* 104. 324-331PP.
- Sivakumaran S., Molan A.L., Meagher L.P. et Kolp B. (2004). Variation in microbial action of proanthocyanidin from *Dorycerium rectum* against rumen bacteria. *Phys Chem.* 5(3). 106-111PP. *In* (Kechkar M., 2008)
- Shiota S., Shimizu M., Sugiyama J., Morita Y., Mizushima T. et Tsuchiya T. (2004). Mechanisms of action of corilagin and tellimagrandin I that remarkably potentiate the activity of β -lactams against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Microbiol. Immunol.* 48. 67-73 PP. *In* (Okuda T et Ito H., 2011).
- Skadhauge B., Gruber M.Y., Thomsen K.K. et Von Wettstein D. (1997). Leucocyanidin reductase activity and accumulation of proanthocyanidins in developing legume tissue. *Am. J. Bot.*, 84: 494-503.
- Tarascou I. (2005). Synthèse et caractérisation de procyanidines oligomères pour l'identification de tanins du raisin et du vin. Thèse de doctorat. Université Bordeaux 1. N° d'ordre: 3104. 189 P.
- Teissedre T.L Frankel. E. N. et Waterhouse. A. L. (1996). Inhibition of in vitro human LDL oxidation by phenolic antioxidant from grapes and wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 70. 55-61. *In* (Perret C., 2001).
- Ursini F., Rapuzzi I., Toniolo R., Tubaro F. et Bontempelli G. (2001). Characterization of antioxidant effect of procyanidins. *Methods in Enzymology* 335. 338-50 PP. *In* (Perret C., 2001)

- Uvere P.O., Adenuga O.D. et Mordi C. (2000). The effect of germination and kilning on the cyanogenic potential, amylase and alcohol levels of sorghum malts used for burukutu production. *J. Sci. Food Agric.* **80**(3). 352-358 PP. *In* (Ba K et al., 2010).
- Vasta V., Makkar H.P.S., Mele M. et Priolo A. (2009). Ruminant biohydrogenation as affected by tannins in vitro. *Brit. J. Nutr.*, 102 (1): 82-92. *In* (Akroum S., 2011).
- Vinson J.A., Dabbagh Y.A. et Serry M.M. (1995). Plant flavonoïds, especially tea flavonols, are powerful antioxidants using in vitro oxidation model for heart disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43. 2800-2. *In* (Perret C., 2001).
- Waghorn G.C., John A., Jones W.T. et Shelton I.D. (1987a). Nutritive value of *Lotus corniculatus* L. containing low and medium concentrations of condensed tannins for sheep. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 47. 25-30 PP. *In* (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Waghorn G.C., Ulyatt M.J., John A. et Fisher M.T. (1987b). The effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients on sheep fed on *Lotus corniculatus* L. *Br. J. Nutr.* 57.115-126 PP. *In* (Jouany J. et Reperant J., 2007).
- Waghorn G.C. (1990). Effect of condensed tannins on protein digestion and nutritive value of fresh herbage. *Proc. Aust. Soc. Anim. prod.* 18 .412-415 PP. *In* (Zimmer N. et Cordesse R., 1996).
- Waghorn G. et Mc Nabb W.C. (2003). Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 62, 383-392. *In* (Brunet S., 2008).
- Zelter S.Z., LeRoy F. et Tissier J.P. (1970). Protection des protéines alimentaires contre la désamination bactérienne dans le rumen. *Ann Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 10. 123-141 PP. *In* (Jouany J et Reperant J., 2007).
- Zimmer N. et Cordesse R. (1996). Influence des tannins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *Prod. Anim.* 9 (3). 167-79 PP.
- Yang L-L., Lee C-Y. et Yen K-Y. (2000). Induction of apoptosis by hydrolysable tannins from *Eugenia jambos* L. on human leukaemia cells. *Cancer Letters*, 157:65-75. *In* (Djemai Zoughlache S., 2009).
- Yoshizawa S., Horiuchi T., Fujiki H., Yoshida T., Okuda T. et Sugimura T. (1987). Antitumor promoting activity of Epigallocatechin gallate, the main constituent of "Tannin" in green tea. *Phytother. Res.P:* 1-44. *In* (Okuda T et Ito H., 2011).