

Phytochemical analysis and *in vitro* digestibility evaluation of leaf and cones parts of *Cupressus sempervirens* originating from Tunisia

Analyse phytochimique et évaluation *in vitro* de la digestibilité des feuilles et des cônes de *Cupressus sempervirens* originaires de Tunisie

ALOUÏ F.^{1*}, NEFZIA.^{1, 2}, JEDIDIS.^{1, 2}, SELMI H.¹, HASNAOUI F.¹, DALLALIS.¹, BOUROAOUI H.¹, MOUHBI R.¹, ABBES C.¹

¹Laboratory of Silvo-Pastoral Resources, Silvo-Pastoral Institute of Tabarka, University of Jendouba, Tunisia

²Higher Institute of Biotechnology of Beja, University of Jendouba, Tunisia

*Corresponding author: foued.aloui@gmail.com

Abstract – It is interesting to develop a better understanding of our plant of interest *Cupressus sempervirens* L. in the region of Tabarka (North western Tunisia) for new agricultural applications. Physicochemical and biochemical analyzes were carried out on cypress leaves and cones for the characterization of the plant and the quantification of phenolic compounds as well as its antioxidant power by the DPPH test.

The characterization of cypress leaves and cones (*Cupressus sempervirens* L.) revealed a richness in mineral matter with a percentage varying between 8.14% and 4.94% respectively for leaves and cones; cones have a higher NDF content (57.04%) than leaves (42.96%). The results of the biochemical analyzes showed that there is a variation between the two organs of the total lipid content in favor of the leaves (7.63 mg / g DM). The quantification of phenolic compounds showed that the total polyphenol and flavonoid contents vary between organs and according to the extraction technique and that the methanolic extract of the cones shows the highest concentration (170.27 mg EAG / g MS). On the other hand, the highest content of flavonoids was observed in the aqueous leaf extract (28.44 mg EQ / g MS). The evaluation of the antioxidant activity *in vitro* by the DPPH test showed that both organs are characterized by a high antioxidant power with IC₅₀ of between 19.2 µg / ml and 7.16 µg / ml respectively for the aqueous fractions of the leaves and cones.

Moreover, the *in vitro* technique has shown that this species has significant anti-methanogenic properties that could be exploited. In fact, the cypress organs showed a depressive power on the production of "AGV" gases (in goats 0.86 ± 0.09, 0.87 ± 0.08 and in sheep 0.74 ± 0.12, 1.11 ± 0.10 respectively for cones and leaves). These results are due to the presence of tannins in this plant.

Key words: *Cupressus sempervirens* L, extracts, phytochemical analysis, antioxidant activity, digestibility, ruminants.

Résumé - L'objectif de ce travail est de développer une meilleure compréhension de notre plante d'intérêt le Cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans la région de Tabarka (Nord-Ouest tunisien) par une caractérisation chimique et une étude des propriétés biologiques de ses extraits pour des applications nouvelles dans l'agriculture.

La caractérisation des feuilles et des cônes de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) a révélé une richesse en matière minérale avec un pourcentage qui varie entre 8,14% et 4,94% respectivement pour les feuilles et les cônes ; les cônes renferment une teneur plus élevée en NDF (57,04%) nettement supérieure à celle des feuilles (42,96%). Les résultats des analyses biochimiques ont montré qu'il y a une variation entre les deux organes de la teneur en lipides totaux en faveur des feuilles (7,63 mg / g MS). La quantification des composés phénoliques a montré que les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes varient entre les organes et en fonction de la technique d'extraction et que l'extrait méthanolique des cônes montre la plus forte concentration (170,27 mg EAG / g MS). Par contre la teneur la plus élevée en flavonoïdes a



été observée au niveau de l'extrait aqueux foliaire (28,44 mg EQ/g MS). L'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* par le test DPPH a montré que les deux organes se caractérisent par un fort pouvoir antioxydant avec IC₅₀ compris entre 19,2 µg/ml et 7,16 µg/ml respectivement pour les fractions aqueuses des feuilles et des cônes.

L'évaluation de la fermentescibilité *in vitro* des feuilles et des cônes de cyprès montre une différence de digestibilité chez les ovins et les caprins. Chez les caprins, les feuilles et les cônes produisent les mêmes quantités de gaz. Chez les ovins, on assiste à une augmentation nette de la production des gaz pour les feuilles qui sont plus digestibles que les cônes.

Mots-clés: *Cupressus sempervirens* L., extraits, analyse phytochimique, activité antiradicalaire, digestibilité, ruminants.

1. Introduction

L'élevage des ruminants en Tunisie occupe une place importante dans l'économie tunisienne. Il présente l'activité agricole de base chez les petits et grands agriculteurs. Cet élevage est généralement intensif chez les grandes exploitations et extensif à semi-extensif chez les petits agriculteurs.

Pour un élevage productif et de bonne qualité, la conception du système d'élevage doit prendre en compte toutes les dimensions, qu'elles se rapportent à l'alimentation, à la santé, à la reproduction, ou aux choix génétiques (Mahieu et al., 2011). Depuis les années 1970, on assiste à des perturbations auxquelles l'élevage fait face: aléas climatiques, évolutions socio-économiques et culturelles, développement des cultures (Jamaa et al., 2016). Ces évolutions entraînent une diminution des ressources issues des parcours qui deviennent de plus en plus rares et chères. Ainsi, le développement de cette activité en Tunisie est essentiellement tributaire de la disponibilité et la qualité des ressources alimentaires. Cette valeur alimentaire comprend deux grandes composantes, l'ingestibilité, c'est-à-dire l'aptitude d'un aliment à être ingéré en plus ou moins grande quantité et la valeur nutritive qui représente le vecteur des concentrations en éléments nutritifs de la matière sèche de l'aliment.

Des recherches actuelles portent sur d'autres alternatives permettant d'améliorer la valeur alimentaire à partir de feuilles d'arbres et arbustes abondantes (Ammar, 2005, McSweeney, 2005, Basalan, 2011, Boudechiche et al. 2015, Rouissi et al, 2017).

La Tunisie, par la diversité de son climat, offre une flore particulièrement riche en plantes qui peuvent être valorisées comme additifs aux aliments des ruminants. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés médicinales, culinaires, antioxydantes, nutritives, etc.

Il est intéressant de développer une meilleure compréhension de notre plante d'intérêt le Cyprès toujours vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans la région de Tabarka (Nord-Ouest tunisien) en vue d'une introduction éventuelle dans l'alimentation des ruminants sous forme d'additifs dans les blocs multinutritionnels. Ces blocs multinutritionnels constituent une alternative stratégique par l'apport d'éléments à caractère nutritif et/ou catalytique permettant la valorisation des fourrages pauvres dans les conditions d'aridité et de disette. Cette technique fait appel à des ingrédients disponibles localement et peu coûteux (Moujahed et al., 2003). Pour cela, nous avons réalisé une caractérisation phytochimique des feuilles et cônes de cette plante ainsi que l'étude des propriétés biologiques (digestibilité *in vitro*) de ses extraits. La caractérisation phytochimique a porté sur la détermination des composés primaires (matières sèche (MS), minérale (MM), azotées totales (MAT) et parois totales (NDF, ADF et ADL)), et secondaires (tanins et phénols totaux, tanins condensés). Les propriétés biologiques ont porté sur la détermination de la production de gaz des feuilles et des cônes du cyprès chez les caprins et les ovins.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel végétal

Les rameaux de *Cupressus sempervirens* ont été récoltés en avril 2017 dans la région de Tabarka (Nord-Ouest de la Tunisie). Le climat de la région est de type méditerranéen humide, avec une pluviométrie allant de 800 à 1600 mm/an. La région de collecte est caractérisée par une altitude de 108 m. Après récolte, les rameaux ont été séchés sous-abri à l'air libre, les feuilles et les cônes ont été séparées puis broyées en poudre.

2.2. Composition chimique

Les teneurs en matières sèche (MS), matière minérales, matières organiques(MO) et en matières azotées totales (MAT) ont été déterminées selon les méthodes de l'A.O.A.C (1984).

Les teneurs en constituants pariétaux (NDF, ADF et ADL) ont été déterminées selon Van Soest et Wine (1991) avec un appareil Fiber Test.

L'azote total a été dosé suivant la méthode de Kjeldhal (ISO 1997). Cette méthode permet de déterminer le taux de protéines brutes par l'intermédiaire de la détermination du taux d'azote contenu dans l'échantillon.

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif phénolique de Folin-Ciocalteu (Lister et Wilson, 2001) et les résultats sont exprimés en mg équivalent en acide gallique/g d'échantillon.

La teneur en flavonoïdes totaux dans les extraits est estimée par dosage spectrophotométrique selon la méthode de Djeridane et al. (2006). La teneur en flavonoïdes totaux est calculée en utilisant une droite d'étalonnage utilisant la quercétine comme standard et sont ainsi exprimées en mg équivalent de quercétine/mg d'extrait (mg Eq Q/g d'extrait).

2.3. Evaluation de l'activité antioxydante

Le test de DPPH a été réalisé suivant la méthode décrite par Sanchez-Moreno et al. (1998). Une série de concentration d'extrait est préparée dans le méthanol, 50 µl de chacune sont ajoutés à 1,95 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,025g/L). Après une période d'incubation de 30 mn à 25°C, l'absorbance a été lue à 517 nm. Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50 µl de méthanol avec 1950 µl de la solution méthanolique de DPPH. Le BHT (hydroxytoluène buthylé) dissous dans le méthanol a été utilisé comme contrôle positif. La diminution de l'absorbance de la solution de DPPH indique une augmentation de l'activité de piégeage des radicaux libre (Hosni et al, 2011). L'inhibition du radical libre de DPPH en pourcentage (I %) a été calculée de la manière suivante : $I(\%) = (A1 - A2) / A1 \times 100$

Avec I(%) : pourcentage de l'activité anti-radicalaire ; A1 : absorbance du contrôle négative (solution du DPPH sans extrait). A2 : absorbance en présence d'extrait.

2.4. Evaluation de la digestibilité

Pour l'évaluation de la digestibilité, nous avons adopté la technique décrite par Menke et al. (1979). Le substrat incubé dans la seringue calibrée en présence de l'inoculum (jus de rumen et salive artificielle) est soumis à une fermentation qui aboutit à des produits terminaux de la digestion en l'occurrence l'ammoniac, les acides gras volatils et les gaz, notamment le CO₂ et le CH₄. La production de gaz est mesurée dans ce cas à travers le déplacement du piston de la seringue au cours du processus de fermentation.

Le prélèvement de jus de rumen a été effectué au sein de l'abattoir par force de pression sur un morceau de tissu qui contient le rumen afin d'obtenir le jus de rumen. Il s'agit d'une fermentation des aliments *in vitro* comparable à celle qui se produit dans le rumen et au cours de laquelle on suit l'évolution et la cinétique de production de gaz total après l'inoculation des deux organes de cyprès (cônes et feuilles) dans le rumen des caprins et des ovins.

3. Résultats et discussion

3.1. Caractérisation physico-chimique

L'évaluation de certains paramètres physico-chimiques au niveau des organes de cyprès a montré les résultats récapitulés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Evaluation de certains paramètres physico-chimiques au niveau des feuilles et cônes de cyprès

| Organes | %MS | %MM | %MO | %C | %MAT |
|---------|-------|------|-------|-------|------|
| Feuille | 45,79 | 8,09 | 91,91 | 53,28 | 0,35 |
| Cônes | 46,84 | 9,09 | 92,91 | 54,28 | 1,35 |

%MS : teneur en matière sèche, %MM : matière minérale, %MO : matière organique, %C : carbone

D'après le tableau 1, la caractérisation des feuilles et des cônes de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) récoltées dans la région de Tabarka a révélé une richesse en matière minérale avec un pourcentage qui varie entre 8,09% et 9,09% respectivement pour les feuilles et les cônes. Ainsi que les organes sont riches en matière organique.

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur la poudre des feuilles et des cônes de *Cupressus sempervirens* L. collectées dans la région de Tabarka de la richesse de cette plante en lignine, cellulose et hémicellulose sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2: Teneur en cellulose, hémicellulose et lignine au niveau de *Cupressus sempervirens* L.

| Organes | %NDF | %CBV | %ADF | %Lignbr | %HC |
|----------|-------|-------|-------|---------|------|
| Feuilles | 42,96 | 12,50 | 40,9 | 24,3 | 8,06 |
| Cônes | 57,03 | 26,13 | 52,87 | 26,47 | 4,17 |

%NDF : Neutral detergent fiber, %ADF : Acid detergent fiber, %CBV : cellulose brute vrai, %Lignbr : lignine brute et %HC : Hémicellulose

La cellulose est quantitativement, le polysaccharide le plus abondant de la paroi cellulaire des végétaux. Elle est constituée des chaînes linéaires d'unités cellobioses organisés en réseau cristallin. Cette organisation lui confère sa résistance à l'action des principaux réactifs chimiques. La cellulose vraie selon Weende ne comprend pas seulement la cellulose, mais aussi quelques impuretés, d'où son appellation cellulose brute.

Selon Goering et Van Soest (1970), l'extraction totale des parois ou fibres végétales constitue ce qu'on appelle NDF= NeutralDetergentFiber. L'extraction simultanée des deux constituants : cellulose vraie et lignine, constituent la fraction lignocellulose appelée ADF= Acid Detergent Fiber, enfin l'extraction de la fraction lignine (qui comprend aussi les silicates) est appelée ADL= Acid Detergent Lignin. Les teneurs en hémicellulose (HC) peuvent être estimées par la différence entre NDF et ADF.

NDF et ADF sont les fractions chimiques les plus utilisées pour prévoir *in vivo* la digestibilité de la matière organique et le taux de l'énergie digestible des produits. L'analyse du tableau 2, montre que les cônes renferment une teneur plus élevée en NDF (57,04%) nettement supérieure à celle des feuilles (42,96%).

3.2. Etude biochimique :

Les analyses biochimiques de *Cupressus sempervirens* L. sont représentées dans les tableaux 3, 4 et 5 pour les teneurs en lipides totaux, teneurs en polyphénols totaux et teneurs en flavonoïdes totaux respectivement.

Teneur en lipides totaux

La figure 1 présente la teneur en lipides totaux pour les cônes et les feuilles du cyprès.

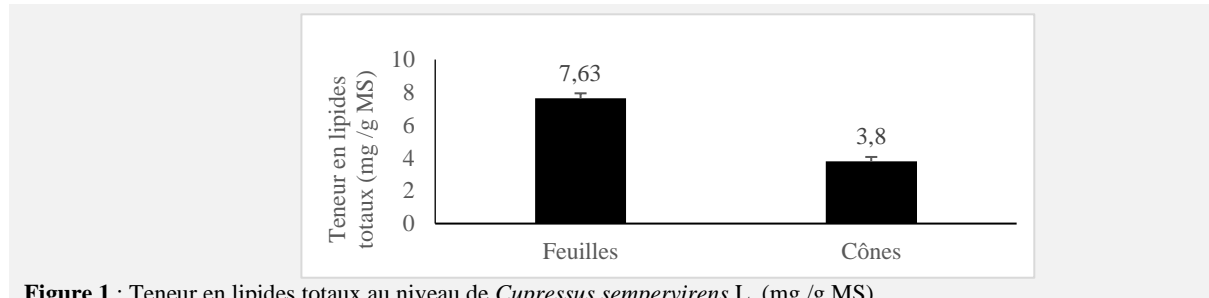


Figure 1 : Teneur en lipides totaux au niveau de *Cupressus sempervirens* L. (mg /g MS)

Les résultats des analyses biochimiques ont montré qu'il y a une variation entre les deux organes de la teneur en lipides totaux en faveur des feuilles (7,63 mg /g MS).

Teneurs en polyphénols totaux

Le tableau 3 résume les résultats de la teneur de polyphénols totaux dans l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique des cônes et des feuilles de *Cupressus sempervirens* L. La quantification des composés phénoliques a montré que les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes varient entre les organes et en fonction de la technique d'extraction et que l'extrait méthanolique des cônes montre la plus forte concentration (170,27 mg EAG / g MS). Par contre la teneur la plus élevée en flavonoïdes a été observée au niveau de l'extrait aqueux foliaire (28.4,4 mg EQ/g MS).

Tableau 3: Teneur de polyphénols totaux dans l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique des cônes et des feuilles de *Cupressus sempervirens* L. en (mg E AG/g MS)

| | Extrait aqueux | | Extrait méthanolique | |
|----------|----------------|----------|----------------------|----------|
| | Moyenne | Ecartype | Moyenne | Ecartype |
| Feuilles | 138,67 | 2,69 | 163,93 | 2,21 |
| Cônes | 161,93 | 4,80 | 170,27 | 2,83 |

Le rendement d'extraction de l'extrait chez la plante étudiée peut être attribuée à plusieurs facteurs notamment l'âge de la plante, la période de la récolte des échantillons, les conditions climatiques et

environnementales (Ebrahimi et al., 2008). Les polyphénols sont généralement trouvés dans les plantes comestibles et non comestibles, et ils ont été signalés à avoir des effets biologiques multiples, y compris l'activité antioxydante (Kim et al., 2003).

Teneurs en flavonoïdes totaux

Les flavonoïdes appartiennent à la classe des métabolites secondaires végétaux. Elles sont présentes dans les fruits, les fleurs et les feuilles des plantes et ayant plusieurs activités biologiques. Les flavonoïdes des végétaux sont probablement les composés phénoliques naturels les plus importants. Ces composés possèdent un large spectre d'activités chimiques et biologiques, y compris des propriétés antiradicalaires. Cette richesse en flavonoïdes attribue aux fruits une valeur médicale et industrielle importante. Ces flavonoïdes sont localisés dans différents organes (feuille, fleur, racine, tige) selon leur rôle, se retrouvent souvent adsorbés sur les structures pariétales (Macheix et al., 2005).

Les flavonoïdes et les composés phénoliques (FCP) non pariétaux sont largement présents dans les fruits et les légumes. Ils constituent un apport de micronutriments intéressants pour leurs effets bénéfiques sur la santé de l'Homme (Besle et al., 2004).

Les teneurs en flavonoïdes totaux dans l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique des cônes et des feuilles de *Cupressus sempervirens* L. sont présentées dans le tableau 4. Les résultats sont variables d'un organe à un autre (cône ou feuille) et suivant le type d'extrait (aqueux ou méthanolique).

Tableau 4 : Teneur en flavonoïdes totaux dans l'extrait aqueux et l'extrait méthanolique des cônes et des feuilles de *Cupressus sempervirens* L. en (mg E Q/g MS)

| | Extrait aqueux | | Extrait méthanolique | |
|-----------------|----------------|----------|----------------------|----------|
| | Moyenne | Ecartype | Moyenne | Ecartype |
| Feuilles | 6,92 | 0,22 | 28,44 | 0,59 |
| Cônes | 17,17 | 0,32 | 21,24 | 0,51 |

3.3. Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Cupressus sempervirens* L.

Les antioxydants sont définis comme « toute substance qui en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat » (Pastre, 2007). Les antioxydants piègent les radicaux libres en inhibant les réactions à l'intérieur des cellules provoquées par les molécules de dioxygène et de peroxyde, aussi appelées espèces oxygénées radicalaires (EOR) et espèces azotées radicalaires. Les antioxydants sont largement présents dans nos aliments, soit sous forme naturelle, soit sous forme d'additifs utilisés dans l'industrie agroalimentaire. L'organisme est capable, dans une certaine mesure, de limiter les dommages dus aux radicaux libres, grâce à des mécanismes de défense enzymatiques et chimiques développés au cours de l'évolution. Les molécules ou micro constituants capables d'interférer avec les radicaux libres sont appelés antioxydants. L'activité anti-oxydante des extraits des feuilles et des fruits (cônes) de *Cupressus sempervirens* L. a été évaluée *in vitro* par le test de DPPH et le résultat a été exprimé en termes de pourcentage de réduction de DPPH.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 2 qui illustre l'efficacité des extraits des organes (cônes et feuilles) de cyprès à piéger le radical DPPH, traduite par le taux d'inhibition (I%) en fonction des différentes concentrations ; l'évolution de l'activité antiradicalaire est dose-dépendante, car elle augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits dans le milieu réactionnel.

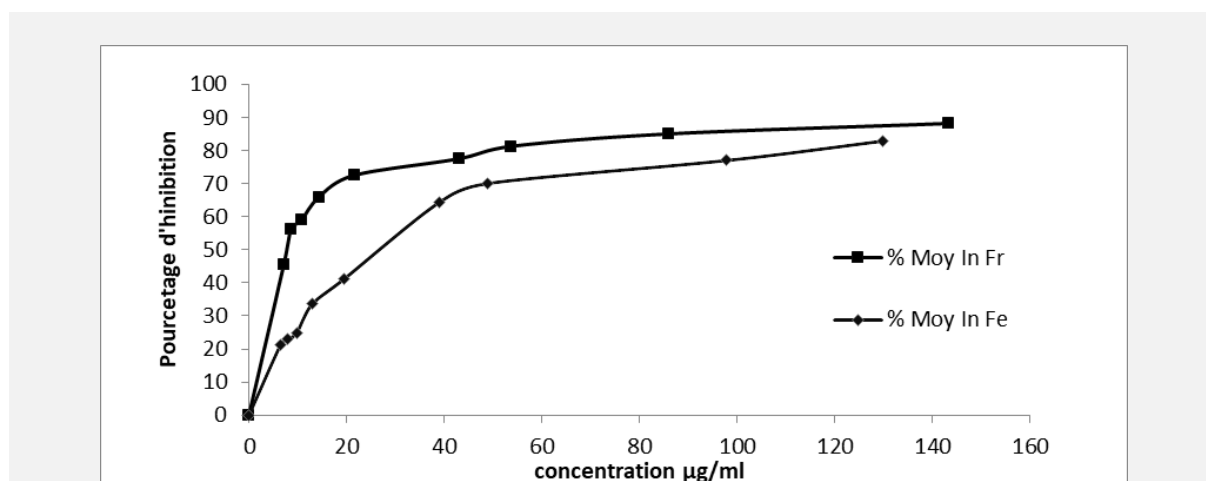


Figure 2. Activités antiradicalaires de l'extrait aqueux de *Cupressus sempervirens* L. (In Fr : cônes et In Fe : feuilles) contre le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats d'évaluation du pouvoir antioxydant de l'extrait aqueux de *Cupressus sempervirens* L. (cônes et feuilles)

| | Inhibition max (%) | Concentration (µg/ml) | IC50 (µg/ml) |
|----------|--------------------|-----------------------|--------------|
| Feuilles | 89 | 129,76 | 19,2 |
| Cônes | 84 | 143,33 | 7,16 |

A travers ces résultats, on déduit que l'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* par le test DPPH a montré que les deux organes se caractérisent par un fort pouvoir antioxydant avec IC₅₀ compris entre 19,2 µg/ml et 7,16 µg/ml respectivement pour les fractions aqueuses des feuilles et des cônes (tableau 5). La plupart des activités antioxydantes des végétaux sont en corrélation avec les teneurs en polyphénols totaux. Les polyphénols et les flavonoïdes jouent un rôle important dans la défense contre les radicaux libres (Govindarajan et al, 2005) et ils sont considérés parmi les antioxydants les plus puissants (Letowska et al, 2006).

Cette corrélation est bien vérifiée dans notre cas. En effet, la teneur en polyphénols totaux est de 161 (mg E AG/g MS) et 138 (mg E AG/g MS) pour les cônes et les feuilles respectivement. Le même résultat est constaté pour la teneur en flavonoïdes.

3.4. Evaluation de la digestibilité

Ce travail vise à étudier la fermentation des substrats des organes de cyprès (feuilles et cônes) chez l'espèce ovine et caprine. Le prélèvement de jus de rumen a été effectué au sein de l'abattoir par force de pression sur un morceau de tissu qui contient le rumen afin d'obtenir le jus de rumen. Il s'agit d'une fermentation des aliments *in vitro* comparable à celle qui se produit dans le rumen et au cours de laquelle on suit l'évolution et la cinétique de production de gaz total.

Dans le but de déterminer la production de gaz et d'évaluer l'impact des tanins sur la production *in vitro* de gaz de la biomasse microbienne, la technique de production de gaz a été utilisée. La figure 3 présente les courbes de cinétique de production de gaz après l'inoculation de deux organes de cyprès dans le rumen des caprins et des ovins. Le tableau 6 résume les paramètres de digestibilité : digestibilité de la matière organique (DMO), énergie métabolisable (EM) et acides gras volatils totaux (AGVT). L'évaluation de la fermentescibilité *in vitro* des feuilles et des cônes de cyprès montre une différence de digestibilité chez les ovins et les caprins. Chez les caprins, les feuilles et les cônes produisent les mêmes quantités de gaz. Chez les ovins, on assiste à une augmentation nette de la production des gaz pour les feuilles qui sont plus digestibles que les cônes. En revenant au tableau 4, les cônes présentent un pourcentage élevé en Matière azotée totale par rapport aux feuilles, ce qui explique cette différence de digestibilité.

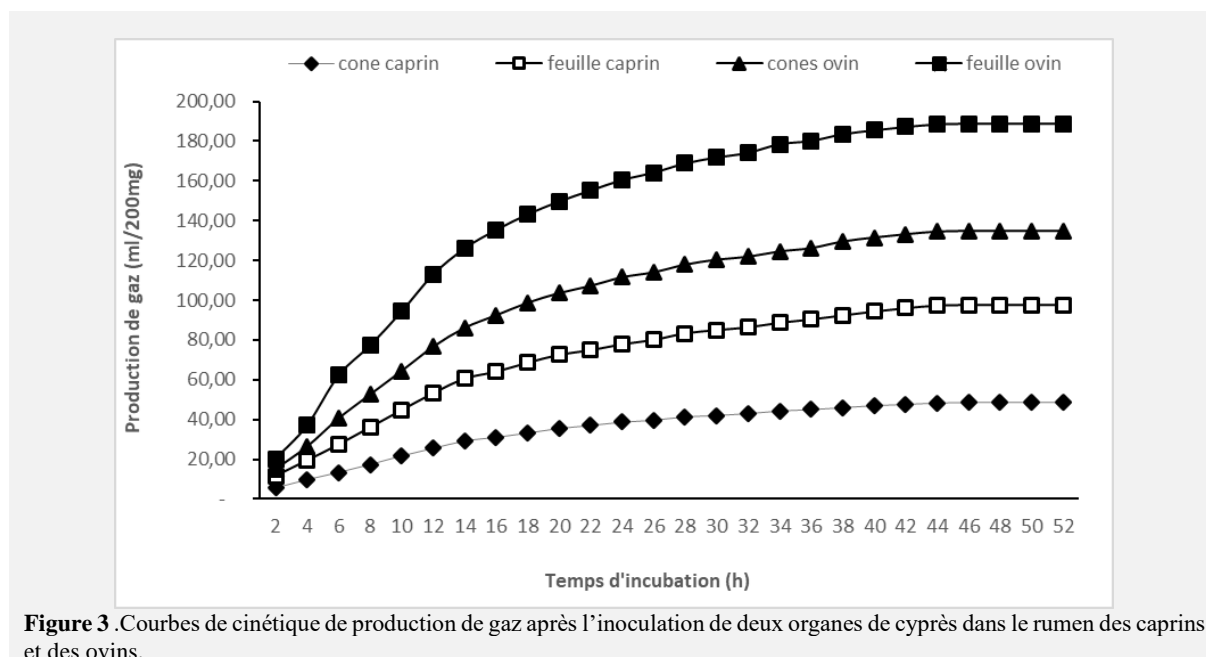


Figure 3 . Courbes de cinétique de production de gaz après l'inoculation de deux organes de cyprès dans le rumen des caprins et des ovins.

Tableau 6 : Cinétique de production de gaz des cônes et des feuilles de cyprès chez les caprins et les ovins.

| | | DMO | EM | AGVT |
|---------|----------|--------------|-------------|-------------|
| Caprins | Cônes | 50,4 ± 3,70 | 7,53 ± 0,57 | 0,86 ± 0,09 |
| | Feuille | 50,38 ± 3,15 | 7,54 ± 0,4 | 0,87 ± 0,08 |
| Ovins | Cônes | 46,00 ± 4,56 | 7,25 ± 1,02 | 0,74 ± 0,12 |
| | Feuilles | 59,12 ± 4,07 | 8,90 ± 0,63 | 1,11 ± 0,10 |

DMO : digestibilité de la matière organique, EM : énergie métabolisable, AGVT : acides gras volatils totaux

Le rumen est un fermenteur anaérobie qui permet d'utiliser efficacement les glucides des parois des cellules végétales et l'azote non protéique pour satisfaire tout ou partie des besoins en énergie et en acides aminés de l'animal. Ces deux caractéristiques confèrent aux ruminants un avantage évident pour valoriser des ressources alimentaires peu ou pas utilisables par les autres mammifères domestiques. En outre, le fermenteur « rumen » s'intègre dans l'animal à un ensemble de fonctions qui font que son efficacité est, jusqu'à présent, bien supérieure à celle des fermenteurs *in vitro* (ou digesteurs), conçus pour tirer parti des matériaux lignocellulosiques. Le ruminant peut être considéré comme une unité de fermentation qui collecte elle-même les substrats à dégrader, les transfère dans la chambre de fermentation, contrôle le temps de séjour, absorbe continuellement les produits terminaux de la fermentation et les transforme en substances immédiatement utilisables (lait, viande...) (Wolin M.J., 1979). Cependant, ce fermenteur a des limites. Certaines lui sont imposées par l'anaérobiose. C'est le cas de la synthèse microbienne qui est moins abondante en condition anaérobie qu'aérobie. D'autres sont liées à la connaissance insuffisante des mécanismes de la dégradation des aliments (cellulolyse et protéolyse en particulier), des besoins nutritionnels des bactéries et des protozoaires, des facteurs de variation de l'activité microbienne.

4. Conclusion

Le présent travail a pour objectif la caractérisation physicochimique et biochimique, d'étudier le pouvoir antioxydant, ainsi que la digestibilité des organes (cônes et feuilles) de *Cupressus sempervirens* L. Le *Cupressus sempervirens* L. contient des teneurs importantes en métabolites secondaires et se caractérise par un pouvoir antioxydant très important. La caractérisation des feuilles et des cônes de cyprès (*Cupressus sempervirens* L.) récoltées dans la région de Tabarka (Nord-Ouest de la Tunisie) a révélé une richesse en matière minérale avec un pourcentage qui varie entre 8,14% et 4,94% respectivement pour les feuilles et les cônes ; les cônes renferment une teneur plus élevée en NDF (57,04%) nettement supérieure à celle des feuilles (42,96%). Les résultats des analyses biochimiques ont montré qu'il y a une variation entre les deux organes de la teneur en lipides totaux en faveur des feuilles (7,63 mg /g MS). La quantification des composés phénoliques a montré que les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes varient entre les organes et en fonction de la technique d'extraction et que l'extrait méthanolique des cônes montre la plus forte concentration (170,27 mg EAG / g MS). Par contre la teneur la plus élevée en flavonoïdes a été observée au niveau de l'extrait aqueux foliaire (28,44 mg EQ/g MS). L'activité antioxydante des extraits des cônes et des feuilles de *Cupressus sempervirens* L. a été évaluée *in vitro* par le test DPPH a montré que les deux organes se caractérisent par un fort pouvoir antioxydant avec IC50 compris entre 19,2 µg/ml et 7,16 µg/ml respectivement pour les fractions aqueuses des feuilles et des cônes. Cette forte activité antioxydante est liée directement à la richesse de la plante en composés phénoliques.

L'évaluation de la fermentescibilité *in vitro* des feuilles et des cônes de cyprès montre une différence de digestibilité chez les ovins et les caprins. Chez les caprins, les feuilles et les cônes produisent les mêmes quantités de gaz. Chez les ovins, on assiste à une augmentation nette de la production des gaz pour les feuilles qui sont plus digestibles que les cônes. Ces dernières présentent un pourcentage élevé en Matière azotée totale par rapport aux feuilles, ce qui explique cette différence de digestibilité.

5. Références

- Ammar H., López S., González J.S. (2005)** Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by *in vitro* techniques. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 119, Issues 3–4, Pages 323-331
- AOAC: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (1990)** 15th Edition, Washington, D.C. USA.
- Basalan M., Gungor T., Owens F.N., Yalcinkaya I. (2011)** Nutrient content and *in vitro* digestibility of Turkish grape pomaces. *Animal Feed Science and Technology*, Volume 169, Issues 3–4, Pages 194-198,

- Boudechiche L. M., Abidi S., Cherif M., Bouzouraa I. (2015)** Digestibilité *in vitro* et cinétique de fermentation des feuilles de cinq arbustes fourragers du nord est algérien, *Revue Méd. Vét.*, 166, 11-12, 350-359
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. (2006)** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*. 97; 654-660
- Ebrahimi M., Rajion M. A., Goh Y. M., & Sazili A. Q. (2008)** Carcass quality of Malaysian Kacang crossbred goats fed diets supplemented with oil palm fronds. In : Proceedings of the 29th Malaysian Society for Animal Production (MSAP) Annual Conference; 25–27 May, 2008; Penang, Malaysia. p. 116–118
- Govindarajan R., Vijayakumar M., Pushpangadan P. (2006)** Antioxidant approach to disease management and the role of 'Rasayana' herbs of Ayurveda. *J Ethnopharmacol*. Jun 3;99(2):165-78. Epub 2005 Apr 26.
- ISO : International Organization of Standardization (1997)** Aliments des animaux -Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes -- Méthode Kjeldahl
- J.M. Besle, J.L. Lamaison, P. Pradel, D. Fraisse, D. Viala, B. Martin (2004)** Les flavonoïdes, des fourrages au lait. *Renc. Rech. Ruminants*, 2004, 1 1, pp67-70
- Jemaa T., Huguenin J., Mouliin C., Najr T. (2016)** Les systèmes d'élevage de petits ruminants en Tunisie Centrale. *Cah. Agric.* 25 (4), e45005 (9 p.)
- Kim, D.; Jeond, S.; Lee, Ch. (2003)** Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 81, 321–326
- Lister E, Wilson P. (2001)** Measurement of total phenolics and ABTS assay for antioxidant activity (personal communication). CropResearch Institute, Lincoln, New Zealand
- Macheix J.-J., Fleuriet A., Jay-Allemand C.; (2005)** Les composés phénoliques des végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Parution, Montréal, Canada, 101-121.
- Mahieu M., Arquet R., Coppry O., Alexandre G., Fanchone A., Naves M., Boval M., Mandonnet N., Fleury J., Archimède H. (2011)** Des techniques intégrées pour un élevage de ruminants productif et durable aux Antilles – Guyane, *Innovations Agronomiques* 16, 89-103
- McSweeney C.S., Gough J., Conlan L.L., Hegarty M.P., Palmer B., Krause D.O. (2005)** Nutritive value assessment of the tropical shrub legume *Acacia angustissima*: Anti-nutritional compounds and *in vitro* digestibility, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 121, Issues 1–2, Pages 175-190,
- Menke K. H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D., Schneider W. (1979)** The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, 93, 217-222
- Moujahed N., Kayouli C., Raach-Moujahed A. (2003)** La complémentation des fourrages pauvres par les blocs multinutritionnels chez les ruminants (Revue). 1- Principes de base et aspects pratiques. *Livestock Research for Rural Development*. Volume (15) 3
- Pastre, J., Priymenko N. (2007)** Intérêt des anti-oxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. *Revue de Médecine Vétérinaire*, vol. 1 (n° 4). pp. 180-189
- Rouissi A., Selmi H., Bahri A., Tibaoui G., Rouissi H. (2017)** Nutritional characterization and *in vitro* fermentation parameters of some local protein resources, *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 37(7), 2064-2068
- Sanchez-Moreno C, Larrauri J.A., Saura-Calixto F. (1998)** A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J Sci Food Agri.*;79:270–276
- Sokol-Letowska A., Osmianski J., Wojdylo A. (2006)** Antioxidant activity of phenolic compounds of hawthorn, pine and skullcap. *Food Chemistry*, 103(3), 853–859
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1991)** Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, *Journal of Dairy Science*, Volume 74, Issue 10, Pages 3583-3597,
- Wolin M.J. (1979)** The Rumen Fermentation: A Model for Microbial Interactions in Anaerobic Ecosystems. In: Alexander M. (eds) *Advances in Microbial Ecology*. *Advances in Microbial Ecology*, vol 3. Springer, Boston, MA