

Influence de l'attaque des Carpophages sur les métabolites des glands du chêne-liège (*Quercus suber*)

Yasmine Adjami^a, Rym Ghanem^{a,*}, Hiba Daas^a, Mohamed Laid Ouakid^a, Juli Pujade-Villar^b, Abdelmadjid Bairi^a

Résumé : La manutention de la régénération naturelle des subéraies reste une préoccupation majeure des forestiers en Algérie. Face à la dégradation de l'état sanitaire des forêts algériennes, il est urgent de la penser autrement. La glandée est affectée par cette dégradation, démontrant un faible rendement et une vulnérabilité marquée, face aux attaques d'insectes Carpophages, qui perturbent la régularité et l'abondance de la glandée. Pour cette étude on a dosé des métabolites (glucides et lipides) sur les différentes catégories des glands (sains et attaqués). Ce dosage est complété par une analyse chimique des différents extraits des glands par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse. Le résultat obtenu indique que l'infestation touche le contenu en métabolites des glands plus au niveau de l'amande qu'au niveau du péricarpe. L'analyse chimique des différents extraits des glands par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse a permis d'identifier 18 de composés majeurs appartenant à différentes classes chimiques (aldéhydes, alcools, cétones, acides, hydrocarbures saturés ou insaturés, terpènes, sesquiterpènes, etc...). La fraction lourde, non volatile, comprend de nombreux sesquiterpènes et hydrocarbures saturés (C₂₂ à C₂₉) et des polyphénols en C₂₈ et C₂₉.

Mots clés : *Quercus suber*, glands, Carpophages, métabolites, Chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie

Influence of carpophagous attack on metabolites of cork oak (*Quercus suber*) acorns

Abstract: Natural regeneration maintenance of cork oak remains a major concern of forest in Algeria. Faced with the deterioration of the health status of the Algerian forests, it is urgent to think otherwise. Acorn is affected by this degradation, showing a low yield and vulnerability to carpophagous attack that disrupt the regularity and abundance of acorns. In this study, metabolites (carbohydrates and lipids) on the different categories of acorns (healthy and attacked) were measured. This assay is completed by a chemical analysis of different extracts acorns by gas chromatography / mass spectrometry. The result indicates that the infestation key content metabolites acorns more at the almond at the level of the pericarp. Chemical analysis of different extracts acorns by gas chromatography / mass spectrometry identify 18 major compounds belonging to different chemical classes (aldehyds, alcohols, ketones, acids, saturated or unsaturated hydrocarbons, terpen, sesquiterpen, etc....). Nonvolatile heavy fraction includes many sesquiterpen and saturated hydrocarbons (C₂₂ to C₂₉) and C₂₈ and C₂₉ polyphenols.

Keywords: *Quercus suber* acorns, Carpophages, metabolites, GC / MS

Karpofaj saldırısının mantar meşesi (*Quercus suber*) palamutlarının metabolitleri üzerinde etkisi

Özet: Mantar meşesinin doğal gençleştirme işlemleri, Cezayir'deki ormanlar açısından önemli bir mesele olmaya devam etmektedir. Cezayir ormanlarının sağlık durumunun bozulması nedeniyle, ivedilikle tedbir alınması gerekmektedir. Palamut, bu bozulmadan etkilenerek düşük verime sahip olmakta ve palamutların düzenliliği ve bolluğunu bozan karpofaj saldırısına karşı savunmasız kalmaktadır. Bu çalışmada, metabolitlerin (karbonhidrat ve lipitler) farklı kategorideki (sağlıklı ve saldırıya uğramış) palamutlar üzerine etkisi ölçüldü. Bu deney, farklı palamut özütleri gaz kromatografisi/kitle spektrometrisi ile kimyasal analize tabi tutularak tamamlanmıştır. Analiz sonucu, Sonuç olarak istila önemli içerik metabolitleri perikarp seviyesinde badem daha meşe palamudu olduğunu gösterir. Gaz kromatografisi/kitle spektrometrisi ile farklı palamut özütlerine uygulanan kimyasal analiz sonucunda, farklı kimyasal sınıflara ait (aldehitler, alkoller, ketonlar, asitler, doymuş veya doymamış hidrokarbonlar, terpen, seskiterpen vs.) 18 temel bileşik tespit edilmiştir. Uçucu olmayan ağır fraksiyon, çok miktarda seskiterpen, doymuş hidrokarbon (C₂₂ ila C₂₉ arası) ve C₂₈ ile C₂₉ polifenollerini içermektedir.

Anahtar kelimeler: *Quercus suber* meşe palamudu Carpophages, metabolitler, GC / MS

✉ ^a Laboratoire de neuro-Endocrinologie Appliquée, Département de biologie, BP 12, Faculté de sciences, Université Badji- Mokhtar 23000 Annaba; Algérie

^b Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia, Dpt. Biologia Animal, Avda Diagonal-645, 08028-Barcelona

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): rymghanem@hotmail.fr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.11.2014, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.06.2015



Citation (Atıf): Adjami, Y., Ghanem, R., Daas, H., Ouakid, M.L., Pujade-Villar, J., Bairi, A., 2016. Influence de l'attaque des Carpophages sur les métabolites des glands du chêne-liège (*Quercus suber*). Turkish Journal of Forestry 17(Special Issue): 51-57.
DOI: [10.18182/tjf.20310](https://doi.org/10.18182/tjf.20310)

1. Introduction

Le chêne-liège, (*Quercus suber L.*), constitue une des richesses forestières de l'Algérie. Ses forêts tenaient et tiennent toujours une place primordiale dans la vie socio-économique de la population riveraine et du pays en général. Elles constituent en effet, un terrain de parcours pour un cheptel varié grâce à leur abondance en sous-bois et en glands. (Peyerimhoff, 1941).

Les subéraies algériens sont les écosystèmes les plus fragiles du fait de la pression chaque année de nombreux facteurs. La dégradation des sols, les incendies, le surpâturage, les maladies fongiques et les attaques d'insectes ravageurs font disparaître des surfaces considérables de chêne vert (*Quercus ilex L.*) et surtout de chêne-liège (*Quercus suberL.*) (Messaoudène, 2000).

Cependant, un recours à la régénération serait indispensable pour la réhabilitation de ces forêts. Mais cette régénération dépend fortement non seulement de la régularité et de l'abondance des glandées mais aussi de la taille et de l'état phytosanitaire des glands. (Suszka et al, 1994; Merouani et al, 2001). En effet, les glands sont malheureusement régulièrement attaqués par des champignons et des insectes (Bakry et al., 1999; Anderson, 1992; Fukumoto & Kajimura, 2000).

Les insectes jouent un rôle important dans la diminution de la viabilité des glands ils ont une incidence notable sur le potentiel de reproduction du chêne. Les effets directs sur l'alimentation de l'embryon et sur les cotylédons peuvent empêcher la germination des glands. L'effet direct des insectes c'est la consommation de l'embryon ou de l'endommager, qui rend impossible la germination et le développement des plantules (Hirka et Csóka, 2006). Cela est dû surtout à la diminution de certains composés chimiques des glands. Pour étudier ce phénomène, on a évalué la relation entre l'attaque des carpophages des glands du chêne-liège et le contenu des métabolites de ces derniers (glucide, lipides et protéine), ainsi que le contenu des polyphénols par l'extrait des glands avec différents solvants. Une analyse chimique des glands de chêne-liège a été réalisée par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse.

2. Matériels et méthodes

Plus de 500 glands de chêne-liège (*Quercus suber*) ont été récoltés au mois d'octobre 2012 dans la subéraie d'El-Kala au Nord Est de l'Algérie.

2.1. Dosage des métabolites

Le dosage des métabolites est réalisé au niveau de l'amande et du péricarpe des glands sains et attaqués (1 à 2 trous), la méthode utilisée pour chaque dosage diffère selon le type de métabolite. Le dosage des glucides totaux a été effectué selon la méthode de Duchateau et Florin (1959), les lipides totaux par la méthode de Goldsworthy et al (1972) et le dosage des protéines a été réalisé par la méthode de Brad Ford (1976).

2.2. Analyse chimique des extraits de glands

L'analyse chimique des glands de chêne-liège a été réalisée par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse. Les glands de chêne-liège ont été divisés en 3 lots de 50 glands: le premier lot contenant le péricarpe du gland découpé finement, le deuxième lot contenant l'amande et le troisième lot tout le gland découpé finement. Les trois lots ont été extraits en utilisant deux types de solvants de polarité différente : le pentane (solvant apolaire) et l'hexane (solvant polaire). Ces solvants ont permis d'extraire majoritairement les composés apolaires (cas du pentane) ou polaires (cas de l'hexane). L'identification des composés a été réalisée par couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (GC/MS) au Laboratoire de Recherche de l'INRA de Dijon (France). Les spectres de masse obtenus ont été comparés aux spectres de références publiés dans le EPA-NIH Mass Spectral Data Base (Heller et Milne, 1980) et avec ceux de la bibliothèque de spectres de l'INRA Dijon. Pour le dosage de la teneur des polyphénols totaux dans les différents extraits organiques, on a adopté une technique basée sur l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu.

3. Résultats

Dosage des lipides

Le contenu en lipides des glands du chêne-liège varient en fonction que le gland soit sain, attaqué ou fortement attaqué. Le gland sain présente au niveau de l'amande une teneur d'environ 50 µg/g.MS, cette concentration diminue quand le gland est attaqué et qu'il présente un trou à 22,61± 3,61 µg/g.MS. Lorsque le gland est fortement attaqué, on enregistre une chute des lipides à 6,18± 3,96 µg/g.MS. Il y a une différence significative entre ces 3 moyennes (F=23,12 p=0,0001). Par contre le contenu en lipides dans le péricarpe des glands sains est faible par rapport à l'amande environ 16 µg/g.MS et malgré une légère augmentation de ces concentrations dans les péricarpes des glands attaqués ces moyennes ne sont pas significativement différentes (F=1,06, p=0,8) (Figure 1).

Dosage des glucides

Quand le gland est sain la teneur en glucides au niveau de l'amande est de 3,11 µg/g.MS alors qu'au niveau du péricarpe elle est de 1,71 µg/g.MS. Ces valeurs diminuent lorsque le gland est attaqué. Au niveau de l'amande des glands attaqués la diminution est non significative (F=1,71, p=0,1) et elle est de 3,07 µg/g.MS et 3,06 µg/g.MS. Concernant le péricarpe cette diminution est significative (F = 10,35, p=0,0005) puisqu'elle atteint 1,1 µg/g.MS et 1,2 µg/g.MS pour les glands fortement attaqués (Figure 2).

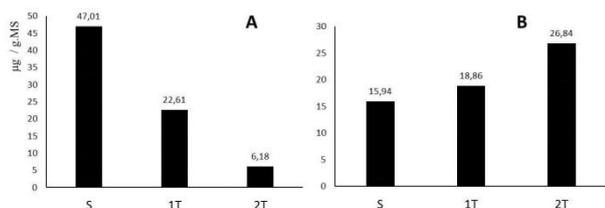


Figure 1. Variations du contenu en lipides des glands sains et attequés au niveau de l’amande (A) et du péricarpe (B). S : gland sain ; 1T : gland avec 1 trou ; 2T : gland avec 2 trous

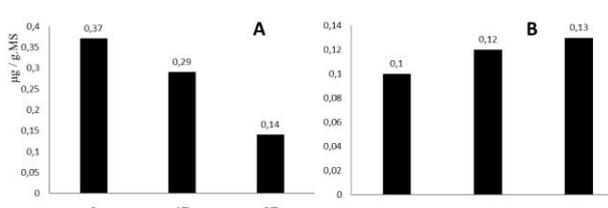


Figure 3. Variations du contenu en protéines des glands sains et attequés au niveau de l’amande (A) et du péricarpe (B). S : gland sain ; 1T : gland avec 1 trou ; 2T : gland avec 2 trous

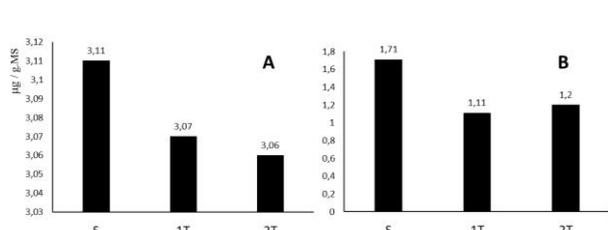


Figure 2. Variations du contenu en glucides des glands sains et attequés au niveau de l’amande (A) et du péricarpe (B). S : gland sain ; 1T : gland avec 1 trou ; 2T : gland avec 2 trous

Dosage des protéines

Le contenu en protéine de l’amande du gland sain du chêne-liège est de $0,37 \pm 0,01 \mu\text{g/g.MS}$ cette valeur diminue à $0,29 \pm 0,03 \mu\text{g/g.MS}$ quand le gland est attaqué et qu’il présente un seul trou de sortie d’insecte, toutefois cette concentration diminue significativement lorsque le gland est fortement attaqué $0,14 \pm 0,05 \mu\text{g/g.MS}$ ($F=16,29$; $p=0,0001$). Il semble que l’attaque des insectes n’a pas d’effets sur la teneur en protéines du péricarpe puisque les moyennes enregistrées ne sont pas significativement différentes (Figure 3).

Analyse chimique des extraits

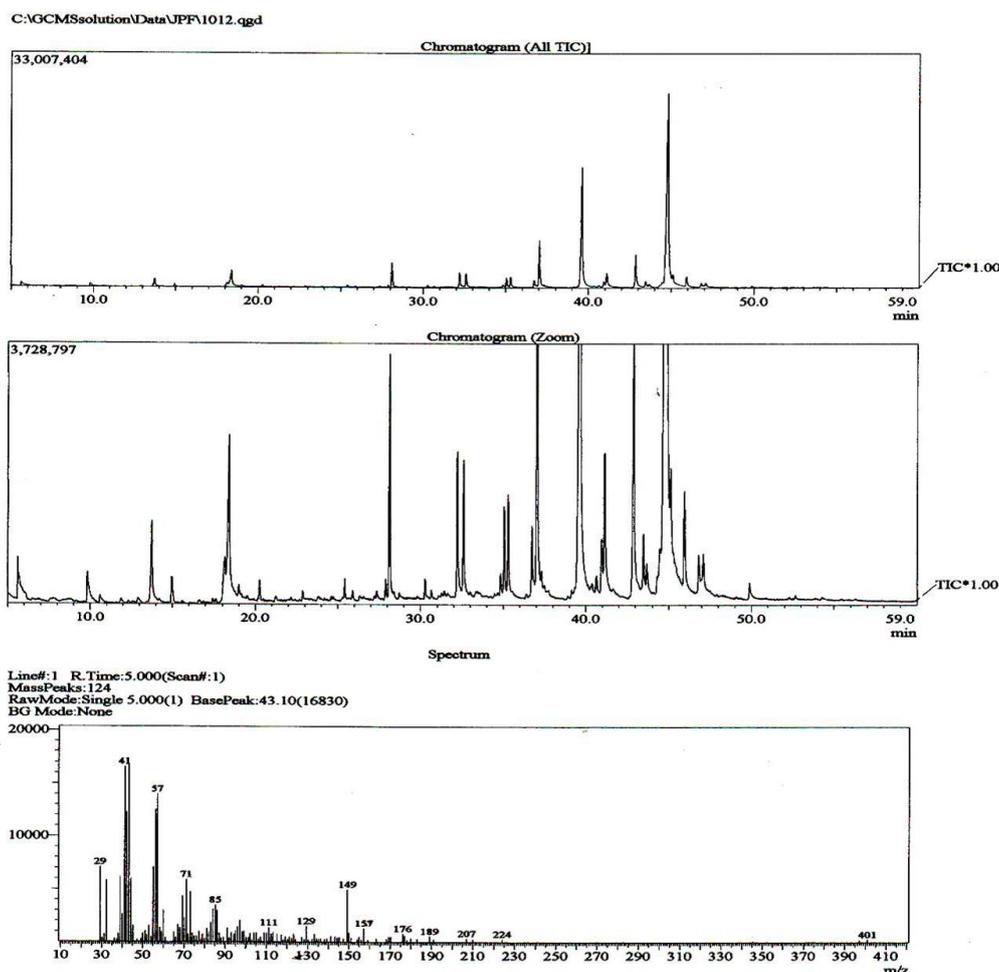


Figure 4. Profil chromatographique et spectre de masse d’un extrait « type » illustrant les composés lourds du péricarpe et des cotylédons des glands du chêne-liège extraits à l’hexane et au pentane

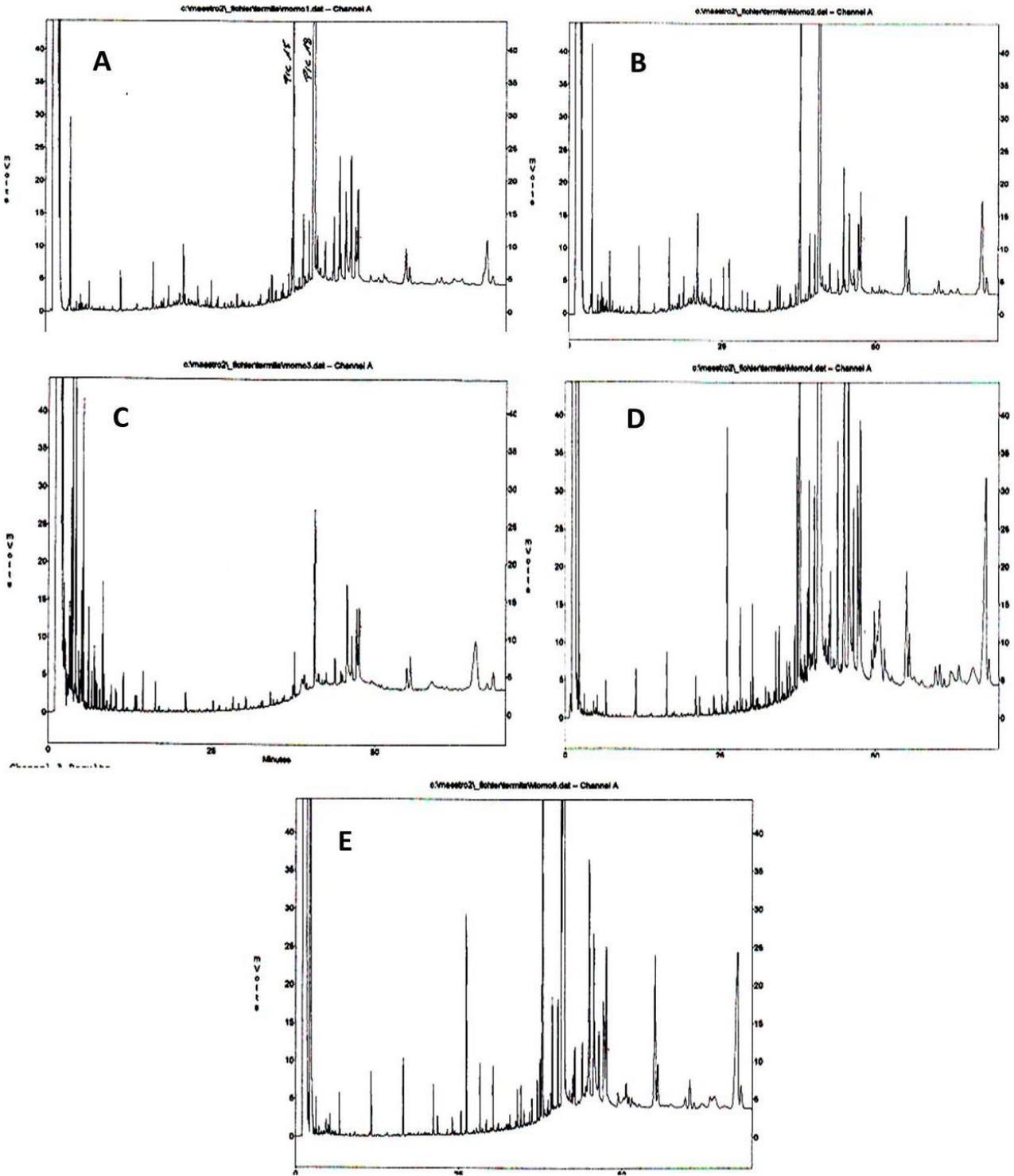


Figure 5. Profil chromatographique du péricarpe et de l'amande d'un gland de chêne-liège extrait par les deux solvants, l'hexane et le pentane. A: Profil chromatographique du péricarpe d'un gland de chêne-liège extrait à l'hexane B: Profil chromatographique d'un gland entier de chêne-liège extrait à l'hexane C: Profil chromatographique de l'amande d'un gland de chêne-liège extrait au pentane D: Profil chromatographique du péricarpe d'un gland de chêne-liège extrait au pentane E: Profil chromatographique d'un gland entier de chêne-liège extrait au pentane

Une cinquantaine de composés divers, en plus ou moins grande concentration, ont pu être détectés dans les différents extraits de glands par les différents types de solvant. Les analyses quantitatives révèlent que l'utilisation du pentane comme solvant permet d'extraire beaucoup plus de composés ces résultats tiennent certainement à la polarité des composés extraits (Figure.4, 5). L'analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse a permis d'identifier 18 composés appartenant à différentes classes chimiques (aldéhydes, alcools, cétones, acides, hydrocarbures saturés ou insaturés, terpènes, sesquiterpènes, etc...). La fraction lourde, non volatile, comprend de nombreux sesquiterpènes et hydrocarbures saturés (C₂₂ à C₂₉) et des polyphénols en C₂₈ et C₂₉ (Figure. 4 et Tableau. 1). Les extraits au pentane révèlent que les polyphénols sont les composés majoritaires au niveau de l'amande (respectivement 24.37%, 4.78%, 32.67% de la fraction extraite); ces taux diminuent dans le péricarpe et même dans l'extrait du gland entier. En utilisant l'hexane comme solvant, on n'obtient plus que (2.23% et 0.85% et 0.83% au niveau de l'extrait du gland entier). (Tableau 1).

Dosage des polyphénols totaux

La composition phénolique des glands troués de *Quercus suber* extrait par les différents solvants utilisés, est présentée par la Figure 5. La quantité des polyphénols totaux extraite est significativement différente (F= 12.36 p= 0.0001) en fonction du solvant utilisé. C'est l'éthanol qui extrait le plus de polyphénols 154.8 mg GAE/g du poids sec, alors que le chloroforme extrait le moins de polyphénols 44.6 mg GAE/g du poids sec. L'eau et l'acétone extrait environ les mêmes quantités 108 et 111 mg GAE/g du poids sec (Figure. 6).

Tableau 1. Analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse des différents extraits. Concentrations (%) des composés identifiés. HP : Hexane péricarpe ; HGE : Hexane gland entier ; PA : Pentane amande ; PP ; Pentane péricarpe ; PGE ; Pentane gland entier

Composés	Extraits				
	HP	HGE	PA	PP	PGE
Composé C ₁₈	0.9	1.95	trace	1.60	Trace
Acide saturé C ₁₆	trace	2.48	3.60		0.62
Composé C ₂₀	1.80	1.67	trace	0.56	Trace
Acide oleique	trace	2.48	5.74	0.81	3.00
Composé C ₂₂	0.8	trace	trace	0.15	Trace
Composé C ₂₄	trace	trace	trace	Trace	Trace
Composé C ₂₅	3.13	2.10	trace	2.61	Trace
Composé C ₂₆	0.8	trace	trace	Trace	Trace
Tetracosanol C ₂₄	3.13	2.10	4.64	2.47	1.51
Composé C ₂₇	7.70	7.10	2.10	2.97	2.82
Composé C ₂₈	1.41	0.90	trace	1.49	1.51
1,2 epoxyonadecane	1.03	12.28	3.18	1.29	8.50
Alcool	3.96	6.45	6.44	0.22	1.13
Composé C ₂₉	1.32	1.09	1.23	1.03	1.03
Polyphénol (C ₂₈ H ₄₈ O ₂)	3.37	2.23	24.37	2.77	4.57
Vit E	0.86	0.79	2.15	1.80	1.29
Polyphénol (C ₂₈ H ₄₈ O)	0.92	0.85	4.78	0.34	9.33
Polyphénol (C ₂₉ H ₅₀ O)	1.29	0.83	32.67	0.33	1.60

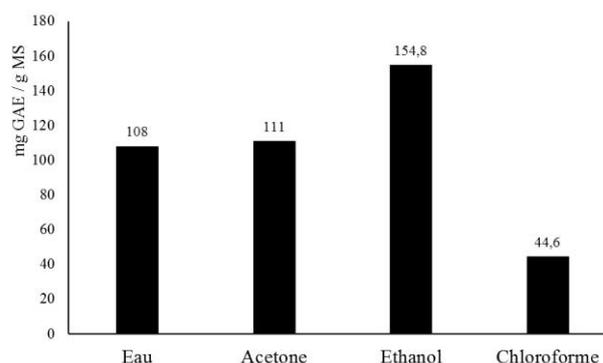


Figure 6. Effet des différents solvants sur le contenu polyphénolique des glands troués de *Quercus suber*. Les valeurs sont exprimées en mg GAE/g du poids sec. (m ± s n=3)

4. Discussion

Le problème de dépérissement dont souffrent actuellement les forêts de chêne-liège dans le pourtour méditerranéen contribue à la régression de l'aire de ces subéraies, ce qui nécessite une régénération de cette essence à partir des glands, mais plusieurs problèmes sont liés à la germination de ces glands tel que l'irrégularité des glandées et les grandes pertes de glands frais, occasionnés avant leur utilisation (dessèchement), ainsi que la dormance embryonnaire (Merouani et al., 2001), auxquelles s'ajoutent la déprédation exercée sur les glands par les champignons et les insectes (Crawely et Long, 1995 ; Fuchs et al., 2000). Les dégâts des carpophages des glands peuvent perturber et diminuer la régularité et l'abondance de la glandée, avec des incidences directes sur la capacité germinative et par conséquent sur la régénération naturelle. Ce sont les glands tombés au sol qui sont les plus attaqués comparativement aux glands de l'arbre (Adjami, 2009). Les glands attaqués peuvent germer si l'embryon n'est pas consommé, ils peuvent même donner des plantules qui se développent moins bien que ceux issues des glands sains. (Hirka, 2003). L'importance des attaques des glands par les insectes explique en partie la déficience de la régénération naturelle du chêne-liège observée dans nos forêts. Les insectes évoluant à l'intérieur des glands du Nord Est algérien dans la région d'El-Kala sont des Lépidoptères de la famille des Tortricidae (*Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana*), et un coléoptère de la famille des Curculionidae *Curculio* sp., ce dernier est un important ravageur des glands de *Quercus* (Bovey et al., 1975, Bellal, 2008, Adjami, 2009).

Les glands de chêne-liège sont riches en métabolites surtout quand ils ne sont pas attaqués. Le contenu lipidique est très important surtout au niveau de l'amande, ce contenu diminue de huit fois lorsque les glands sont fortement attaqués. Le péricarpe contient aussi de grandes quantités de lipides qui varient en fonction de l'attaque. A côté d'une richesse en lipides des glands de chêne-liège, les quantités de sucres ne sont pas négligeables, surtout au niveau de l'amande, mais il semble que l'attaque des glands ne perturbe pas le métabolisme glucidique. Les glands sont une source riche d'hydrates de carbone, des acides aminés, des protéines, des lipides et stérols divers. A côté des composants alimentaires, ils contiennent divers composés

biologiquement actifs (des tanins, l'acide gallique et ellagique et différents dérivés hexahydroxydiphenoyl) qui possèdent une activité antioxydante. (Cantos et al., 2003; Chiou, 1989; Lee et al., 1992; Rakic', 2000; Rakic' et al., 2004; 2006).

Un gland comprend une enveloppe externe ou péricarpe constituée de 5 couches dont la plus importante est la couche ligno-cellulosique, résistante et pouvant atteindre 3,5mm d'épaisseur. A l'intérieur se trouve l'embryon formé par la plantule et les deux cotylédons. L'attaque des glands commence par la destruction de l'embryon par des insectes dont le plus important est le charançon *Balaninus rectus*. En pénétrant dans le gland les insectes y introduisent des micro-organismes qui contribuent à sa décomposition, des champignons en particulier. Au stade suivant l'embryon est totalement détruit par le charançon et par les chenilles des Lépidoptères. (Dajoz, 1980).

L'analyse chimique des glands de chêne-liège par chromatographie en phase gazeuse a permis de mettre en évidence une cinquantaine de composés divers, en plus ou moins grande concentration, détectés dans les différents extraits. Le pourcentage et la concentration de chacun des composés sont variables, non seulement en fonction de la partie du gland extrait, mais également du type de solvant utilisé. Le pentane comme solvant permet d'extraire beaucoup plus de composés appartenant à différentes classes chimiques (aldéhydes, alcools, cétones, acides, hydrocarbures saturés ou insaturés, terpènes, sesquiterpènes, etc...). Les polyphénols sont les composés majoritaires au niveau de l'amande et diminuent dans le péricarpe et même dans l'extrait du gland entier. Différents solvants ont été employés pour l'extraction de polyphénols des plantes (Pinelo et al., 2004; Hayouni et al., 2007). Le rendement d'extraction dépend du solvant et la méthode d'extraction (Goli et al 2004). La méthode d'extraction doit permettre l'extraction complète des composés d'intérêt et doit éviter leur modification chimique (Zuo et al., 2002). Les mélanges aqueux d'ethanol, le méthanol et l'acétone sont généralement employés dans l'extraction des plantes (Sun & Ho, 2005).

Le dosage de la composition phénolique des glands troués de *Q. suber* a permis d'extraire de grandes quantités de polyphénols surtout avec l'éthanol comme solvant, l'eau et l'acétone peuvent aussi extraire des quantités appréciables. Les polyphénols naturels regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyles, en plus d'autres constituants. Ils peuvent être de simples molécules, comme les acides phénoliques, ou des composés hautement polymérisés comme les tanins. Ces squelettes carbonés de bases sont issus du métabolisme secondaire des plantes, ce qui signifie qu'ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction (Goli et al 2004).

Le règne végétal offre une large gamme de composés polyphénoliques polaires et apolaires qui sont des antioxydants avec des propriétés redox, leur permettant d'agir comme des donateurs d'hydrogènes (Pietta, 2000). Les nouvelles découvertes de leurs activités biologiques fournissent la base à l'intérêt d'utilisation d'antioxydants naturels et antimicrobiens, comme des outils de lutte biologique contre les insectes nuisibles. Les tanins, un groupe de composés de phénoliques sont connus pour être

responsables de la défense des glands contre les insectes et le vertébrés prédateurs (Renard, 1982; Weckerly et al, 1989; Steele et al., 1993; Smallwood et al., 2001; Vander le Mur, 2001).

Références

- Adjami, Y., 2009. Etat sanitaire des subéraies du Nord-Est Algérien. Etudes des facteurs de déperissement du chêne-liège (*Quercus suber* L.). Essais insecticides contre les insectes du gland. Mémoire de magistère Université de Annaba.
- Anderson, C., 1992. The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns. Ecol. Manage., 50:247-257.
- Bakry, M., Abourouh, M., Satrani, B., 1999. Réaction de différentes provenances de chêne-liège à l'action pathogène de *Diplodia mutila*. Integrated Protection in Oak Forests, IOBC/WPRS Bull., 22:19-24.
- Bellal, W., 2008. Inventaire de l'entomofaune du chêne-liège dans la subéraies du Nord-est Algérien. Mémoire de magistère Université de Annaba.
- Bovey, P., Linder, A., Muller, O., 1975. Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse). Schweizer. Z. Forst., 126:781-820.
- Cantos, E., Espin, J., Carlos-Lopez, B.C., Delahoz, L., Ordonez, J.A., Tomas-Barberan, F.A., 2003. Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus spp.*), the main dietary constituent of free ranged Iberian pigs. J. Agric. Food Chem., 51:6248-6255.
- Crawley M., Long, C.R., 1995. Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* L. J. Ecol., 83:683-696.
- Chiou, J.W., 1989. The antioxidant activity and the chemical structure of selected components acorns and their potential use as inhibitors of milk oxidation. A Dissertation of Cornell University, USA.
- Dajoz, R., 1980. Ecologie des insectes forestiers. Ecologie fondamentale et appliquée. Gauthier-Villard, Paris.
- Duchateau, G., Florkin, M., 1959. Sur la tréhalosémie des insectes et sa signification. Arch. Insect. Physiol. Biochem., 67:306-314.
- Fuchs, M.A., Krannitz, P.G., Harestad, A.S., 2000. Factors emergence and first-year survival of seedlings of Garry oak (*Quercus garryana*) in British Columbia. For. Ecol. Manage., 137:209-219.
- Fukumoto, H., Kjimura, H., 2000. Effects of insect predation on hypocotyl survival and germination success of mature *Quercus variabilis* acorns. J. For. Res., 5:31-34.
- Golds Worthy, A.C., Monde, W., Guthkelch, J., 1972. Studies on insect adipokinetic hormone. Gen. Comp. Endocrinol., 18:306-314.
- Goli, A.H., Barzegar, M., Sahari, M.A., 2004. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. Food Chem., 92:521-525.
- Hayouni, E.A., Abedrabba, M., Bouix, M., Hamdi, M., 2007. The effects of solvents and extraction methods on the phenolic content and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. Food Chem. 105: 1126-1134.

- Hirka, A, Csóka, G., 2006. Direct Effects of Carpophagous Insects on the Germination Ability and Early Abscission of Oak Acorns. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 2: 57-68.
- Lee, M.H., Jeong, J.H., Oh, M.J., 1992. Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. *Han'guk Yong yang Siklyong Hakhoechi*, 21:693-700.
- Merouani, H., Branco, C., Almeida, M.H., João, S., Pireira, J.S., 2001. Comportement physiologique des glands de chêne-liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. *Ann. For. Sci.*, 58:143-153.
- Messaoudène, M., 2000. Réflexion sur la structure des peuplements de chêne-liège (*Quercus suber* L.) en Algérie. *Rev. For. Algérienne*, 3: 5-9.
- Peyerimhoff, P., 1941. Carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie. *Bacconier Frères, Alger*.
- Pietta, P.G., 2000. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod.*, 63:1035-1042.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Sineiro, J., Nunez, M.J., 2004. Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chem.*, 85, 267-273.
- Rakić, S., 2000. Effect of oak acorn extracts on lipid oxidation kinetics. *J. Agric. Sci.*, 45:139-145.
- Rakić, S., Maletić, R., Perunović, M., Svrzić, G., 2004. Influence of thermal treatment on tannin content and antioxidation effect of oak acorn *Quercus cerris* extract. *J. Agric. Sci.*, 49:97-106.
- Rakic, S., Povrenovic, D., Tesjevic, V., Simic, M., Maletic, R., 2006. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *J. Food Eng.*, 74:416-423.
- Smallwood, P.D., Steele, M.A., Faeth, S.H., 2001. The ultimate basis of the caching preferences of rodents, and the oak-dispersal syndrome: tannins, insects, and seed germination. *Am. Zool.*, 41:840-851.
- Steele, M.A., Knowles, T., Bridle, K., Simms, E.L., 1993. Tannins and partial consumption of acorns: implication for dispersal of oaks by seed predators. *Am. Midl. Nat.*, 130:229-238.
- Sun, T., Ho, C., 2005. Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chem.*, 90:743-749.
- Suszka, B., Muller, C., Bonnet-Masimbert, M., et al. 1994. Graines des feuillus forestiers ; de la récolte au semis. *INRA*.
- Vander Wall, S.B., 2001. The evolutionary ecology of nut dispersal. *Bot. Rev.*, 67:74-117.
- Weckerly, F.W., Sugg, D.W., Semlitsch, R.D., 1989. Germination success of acorns (*Quercus*): insect and tannins. *Can. J. Forest Res.*, 19:811-815.
- Zuo, Y., Chen, H., Deng, Y., 2002. Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, oolong, black and pu-erh teas using HPLC with photodiode array detector. *Talanta*, 57:307-316.