



Des ressources naturelles à la santé

Sylvain Burri, Mohamed Alifriqui, Sok-Siya Bun, Carine Cenzon-Salvayre, Ibrahim Hakki Cigerci, Anne Cloarec, Rémi Corbineau, Alma angelina Delgado Robles, Aline Durand, Meryem El Jemli, et al.

► To cite this version:

Sylvain Burri, Mohamed Alifriqui, Sok-Siya Bun, Carine Cenzon-Salvayre, Ibrahim Hakki Cigerci, et al.. Des ressources naturelles à la santé : Approche interdisciplinaire de la production des goudrons de conifères et de leur usage médicinal en Méditerranée sur la longue durée. Les Nouvelles de l'archéologie, 2018, Les Nouvelles de l'Archéologie, 152, pp.62-69. 10.4000/nda.4267 . hal-01921032

HAL Id: hal-01921032

<https://hal.science/hal-01921032>

Submitted on 31 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Des ressources naturelles à la santé

Approche interdisciplinaire de la production des goudrons de conifères
et de leur usage médicinal en Méditerranée sur la longue durée

Sylvain Burri 1, Mohamed Alifriqui 2, Sok-Siya Bun 3, Carine
Cenzon-Salvayre 4, Ibrahim Hakki Cigerci 5, Anne Cloarec-Quillon 6,
Rémi Corbineau 6, Alma Angelina Delgado Robles 7-8, Aline Durand 9,
Meryem El Jemli 10, Xavier Fernandez 8, Didier Genin 11, Mohamed
Ghanmi 12, Muhsin Konuk 13, Sterenn Le Maguer 4, Recep Liman 14,
Ilias Marmouzi 10, Arnaud Mazuy 7, David Ollivier 6, Evelyne Ollivier 3,
Martine Regert 7, Badr Satrani 12 et Kaan Yilancioglu 13



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/nda/4267>

DOI : 10.4000/nda.4267

ISBN : 9782735124725

ISSN : 2425-1941

Éditeur

Editions de la maison des sciences de l'homme

Édition imprimée

Date de publication : 23 octobre 2018

Pagination : 62-69

ISBN : 9782735124268

ISSN : 0242-7702

Ce document vous est offert par Aix-Marseille Université (AMU)



Référence électronique

Sylvain Burri 1, Mohamed Alifriqui 2, Sok-Siya Bun 3, Carine Cenzon-Salvayre 4, Ibrahim Hakki Cigerci 5, Anne Cloarec-Quillon 6, Rémi Corbineau 6, Alma Angelina Delgado Robles 7-8, Aline Durand 9, Meryem El Jemli 10, Xavier Fernandez 8, Didier Genin 11, Mohamed Ghanmi 12, Muhsin Konuk 13, Sterenn Le Maguer 4, Recep Liman 14, Ilias Marmouzi 10, Arnaud Mazuy 7, David Ollivier 6, Evelyne Ollivier 3, Martine Regert 7, Badr Satrani 12 et Kaan Yilancioglu 13, « Des ressources naturelles à la santé », *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 152 | 2018, mis en ligne le 16 octobre 2018, consulté le 31 janvier 2019. URL : <http://journals.openedition.org/nda/4267> ; DOI : 10.4000/nda.4267

Ce document a été généré automatiquement le 31 janvier 2019.

© FMSH

Des ressources naturelles à la santé

Approche interdisciplinaire de la production des goudrons de conifères et de leur usage médicinal en Méditerranée sur la longue durée

Sylvain Burri 1, Mohamed Alifriqui 2, Sok-Siya Bun 3, Carine Cençon-Salvayre 4, Ibrahim Hakki Cigerci 5, Anne Cloarec-Quillon 6, Rémi Corbineau 6, Alma Angelina Delgado Robles 7-8, Aline Durand 9, Meryem El Jemli 10, Xavier Fernandez 8, Didier Genin 11, Mohamed Ghanmi 12, Muhsin Konuk 13, Sterenn Le Maguer 4, Recep Liman 14, Ilias Marmouzi 10, Arnaud Mazuy 7, David Ollivier 6, Evelyne Ollivier 3, Martine Regert 7, Badr Satrani 12 et Kaan Yılcıoğlu 13

- 1 Les goudrons végétaux sont des produits résineux néoformés extraits par pyrolyse du bois ou de l'écorce (cf. bouleau), contrairement aux goudrons d'origine géologique (bitume, goudron de houille ou de schiste). Le principe d'extraction est de faire exsuder la matière première en la soumettant à un traitement thermique direct ou indirect ; l'exsudat se transforme alors en goudron.
- 2 En Europe et en Méditerranée, les exsudats étaient extraits de diverses familles végétales en fonction des époques et des zones biogéographiques : *Pinaceae* (*Pinus* sp., *Cedrus* sp., *Larix* sp., *Abies* sp.) et *Cupressaceae* (*Juniperus* sp., *Tetraclinis* sp.) chez les conifères, et les *Betulaceae* chez les feuillus. Ils sont utilisés depuis la Préhistoire pour leurs propriétés adhésives, hydrofuges, répulsives et enfin médicinales. Ingrédients de la pharmacopée méditerranéenne, tant occidentale qu'orientale, depuis la plus haute Antiquité, les goudrons de bois de conifères sont toujours utilisés pour soigner les hommes et les animaux dans certains pays comme le Maroc et la Turquie. Ces pratiques, en net recul au siècle dernier en raison de l'introduction des médicaments modernes, connaissent un regain lié au désir d'une médecine plus « naturelle » (phytothérapie, aromathérapie...) et à la nécessité de découvrir de nouvelles molécules actives pour contrer la résistance accrue de certaines bactéries et virus. Jusqu'à aujourd'hui, la recherche s'est fondée essentiellement sur les huiles essentielles de conifères extraites par hydro-distillation ou entraînement à la vapeur. Paradoxalement, les goudrons utilisés par les populations ont peu fait l'objet de recherches. Ainsi, le projet ONGUENT (Goudrons végétaux à usages médicaux en Méditerranée : passé-présent) vient pallier cette lacune en proposant une

analyse systémique des goudrons médicinaux¹, depuis la gestion de la matière première végétale jusqu'au produit fini, en étudiant leur utilisation sur les deux rives de la Méditerranée aujourd'hui et par le passé, et en évaluant leur bioactivité et leur toxicité. La recherche interdisciplinaire et intersectorielle croise les méthodologies et les points de vue issus des sciences humaines et des sciences de la vie, de l'environnement et de la matière : histoire, archéologie, bioarchéologie, chimie organique et phyto-chimie, biologie végétale et moléculaire, pharmacologie, toxicologie et écologie. À la fois diachronique et synchronique, elle fait dialoguer plusieurs espaces-temps : d'une part, le sud-est de la France au Moyen Âge et à l'époque moderne, d'autre part, les montagnes de l'Atlas marocain et de l'Anatolie actuelles (fig. 1).

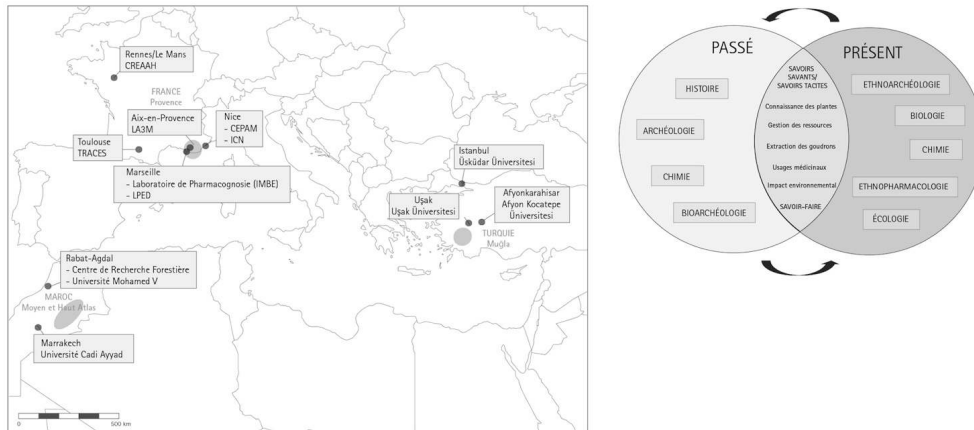


Fig. 1 – Zones d'études, partenaires du consortium et interdisciplinarité. © S. Burri.

Du bois au goudron

Environnement et ressources naturelles

- 3 Extraire du goudron, qui plus est de bonne qualité, fait d'abord appel à un savoir écologique et biologique qui se traduit par une connaissance fine des ressources végétales croissant sur un territoire (des essences botaniques, de la physiologie des arbres et du cycle végétatif) et des conditions environnementales, climatiques et sanitaires pouvant améliorer ou, au contraire, altérer la qualité de la matière première (influence des sols, des saisons, de la météorologie, état sanitaire du bois). Les enquêtes écologiques menées dans le Haut et Moyen Atlas marocain ont mis en évidence la forte intégration de la production de goudron de cèdre, de thuya et de genévrier au sein de l'économie rurale. Dans le Haut Atlas, cette production entretient un lien particulièrement étroit avec le pastoralisme semi-transhumant et transhumant. Ce lien est matérialisé par la corrélation entre le calendrier de la production et celui de l'ouverture des agdals pastoraux d'été², à l'entrée desquels sont situés les sites de production, ou encore l'échange de goudron contre du sel gemme. Ce lien a également pu être démontré pour la Provence médiévale où la production de goudron de genévrier oxycèdre est clairement définie par le calendrier pastoral et notamment par l'estivage des troupeaux dans les Alpes.
- 4 Par ailleurs, les enquêtes ethnobotaniques documentent la multifonctionnalité des arbres servant à l'extraction du goudron au sein des systèmes agro-sylvo-pastoraux dans les forêts rurales marocaines (Genin & Alifriqui 2016) ainsi que les modalités d'accès et de gestion de la ressource ligneuse en fonction du statut juridique des terres et des essences

exploitées. Tandis que l'extraction du goudron de souche de cèdre et de bois mort de genévrier et de thuya s'effectue actuellement dans le cadre de contrats d'exploitation entre les coopératives forestières et l'Administration des Eaux et Forêts, celle des genévriers vivants, interdite par la loi, s'exerce de manière traditionnelle en dehors de tout encadrement institutionnel autre que les règles et normes vernaculaires (fig. 2d-e). Contrairement à d'autres usages (production de poutres, de perches, de feuillage), aucune gestion ni conduite spécifique des genévriers en relation directe avec l'exploitation du goudron n'a pu être mise en évidence. L'impact de la production non autorisée de goudron sur le couvert forestier apparaît contrôlé par les communautés locales qui sont conscientes de l'importance de cette ressource pour leurs modes de vie. La seule exception concerne quelques très anciennes thuriféraires (genévrier thurifère) déjà dégradées du versant nord du Haut Atlas, où cette production contribue à la surexploitation des peuplements aux côtés des autres usages (Gauquelin *et al.* 1999). La même dualité entre production légale et illégale existe en Turquie (fig. 2f).

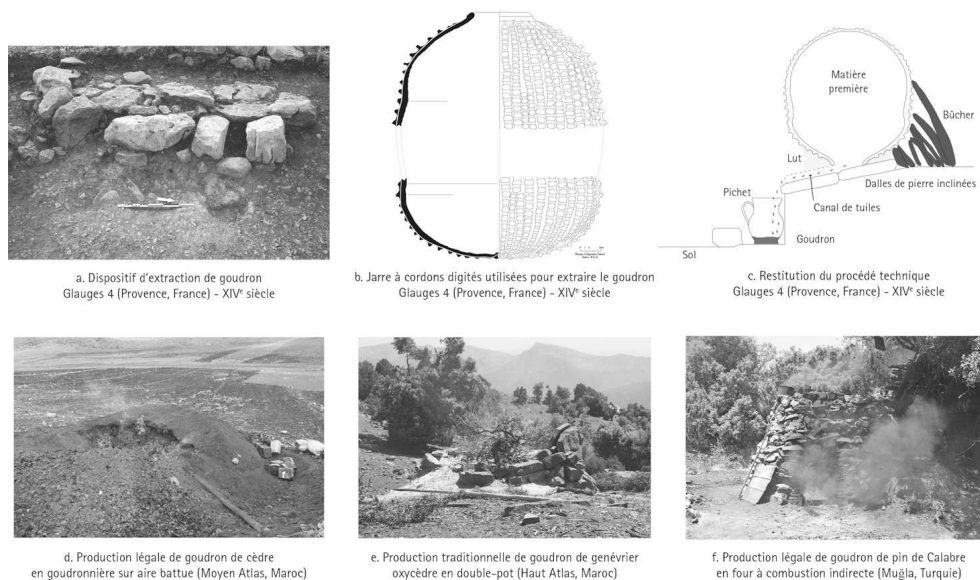


Fig. 2 – Exemples de procédés d'extractions passés et présents. © S. Burri (a, c, e, f), A. Cloarec-Quillon (b), B. Satrani et M. Ghanmi (d).

- 5 Pour les temps anciens, remonter de la ressource à sa gestion est extrêmement délicat. Il s'agit tout d'abord de savoir de quelle ressource on parle. Le moyen le plus sûr d'identifier l'essence végétale utilisée pour extraire le goudron est de procéder à l'analyse chimique des résidus piégés dans les céramiques utilisées pour leur extraction ou présents dans les sols, à condition 1) que la matière organique soit conservée malgré la carbonisation liée à la pyrolyse, 2) de disposer d'un référentiel de signatures moléculaires de goudrons extraits de différentes essences végétales, et 3) que le récipient ait servi à l'extraction d'un seul et même type de goudron. L'étude des charbons de bois archéologiques recueillis sur les sites de production peut livrer quelques éléments complémentaires en identifiant les essences botaniques utilisées, si l'on peut distinguer la part du combustible de celle de la matière première. Mais cette distinction est rendue difficile par la coexistence dans un même écosystème de plusieurs espèces pouvant servir à extraire du goudron (cf. les pins et le genévrier oxycèdre en Provence). Cependant, sur le site de Glauges 4 (Eyguières, Bouches-du-Rhône, France), l'anthracologie démontre l'extraction de goudron à partir du bois de genévrier (*Juniperus* sp.), présent à hauteur de plus de 86 % quand le pin (*Pinus halepensis/pinea*) atteint moins de 1 % sur l'ensemble des prélèvements

analysés. Il n'a pas été possible de préciser s'il s'agissait de bois de souche, usage mentionné par des sources écrites locales médiévales et par l'ethnographie. Face au silence de la littérature savante, la documentation législative et les actes de la pratique (contrats de production, de vente...) ne fournissent que des bribes d'informations sur les modes de gestion des conifères dans un territoire bien précis à un moment donné, excluant toute généralisation. De plus, lorsque leur coupe est réglementée, l'usage de leur bois est rarement spécifié. Or, ces arbres étaient multifonctionnels. Cette multifonctionnalité et la pluralité des activités sylvestres rendent très difficile, voire impossible, l'évaluation de l'impact environnemental de la seule production de goudron.

Savoirs, savoir-faire, techniques

- 6 Extraire le goudron du bois requiert également des savoirs et savoir-faire techniques. L'étude croisée des vestiges archéologiques et de la littérature savante médiévale (encyclopédies, traités de botanique, d'alchimie, de pharmacologie et de médecine) sur le temps long démontre l'emploi généralisé, dans les régions euro-méditerranéennes, du procédé d'extraction appelé *distillatio per descensum*. Il s'agit d'un procédé simple qui consiste à extraire les liquides « lourds » d'une substance solide par échauffement et par égouttement. Sa mise en œuvre s'est effectuée selon deux techniques principales : l'extraction allo-thermique (par pyrolyse indirecte) et auto-thermique (par pyrolyse directe), ces deux techniques se déclinant ensuite en une variété de pratiques empiriques (Burri 2010, accepté). Cette pluralité interroge sur la formation et la transmission des savoirs « savants » depuis l'Antiquité jusqu'à l'époque moderne entre monde latin et monde arabe. Elle interroge aussi sur les interactions entre la sphère savante composée par une élite lettrée urbaine ayant accès à la culture livresque et la sphère industrielle des paysans-artisans dotée de savoirs tacites. L'étude des vestiges des sites de la Roche-Redonne (Le Castellet, Var, France) et de Glauges 4, tous deux datés de la seconde moitié du XIV^e siècle, croisée aux recettes savantes, identifie deux variantes de la technique d'extraction allo-thermique en jarre utilisées en Provence à la fin du Moyen Âge (Burri 2010, accepté) (fig. 2a-c). Ces hypothèses sont étayées par les usages actuels au Maroc, où de telles techniques sont encore employées. Sans évidemment procéder à une analogie directe qui nierait les spécificités culturelles et l'évolution des techniques, elle donne à voir et à penser les aspects -intangibles et cognitifs de la production, inaccessibles à l'historien et à l'archéologue (Burri & Durand 2016).

Entrer dans la matière : composition chimique des goudrons végétaux

- 7 Jusqu'à présent, la grande majorité des données disponibles concernent non pas des goudrons, mais des huiles essentielles extraites à partir de différentes parties des arbres (sciure de bois, feuilles, aiguilles, fruits...). Elles portent sur les Cèdres de l'Atlas (Satrani *et al.* 2006 ; Rhafouri *et al.* 2014) et du Liban (Kurt & Isik 2012), plusieurs espèces de pins (Ghamni *et al.* 2009 ; Ioannou *et al.* 2014). Elles concernent aussi le Genévrier oxycèdre, G. de Phénicie, G. commun et G. thurifère (Mansouri *et al.* 2010, 2011a et b) et le thuya (Satrani *et al.* 2004). Connaître la composition chimique des goudrons actuels est le prérequis à la caractérisation des résidus archéologiques d'une part, à l'identification des molécules bioactives d'autre part.

À la recherche de biomarqueurs pérennes

- 8 Le premier volet des analyses consiste à rechercher des biomarqueurs spécifiques à chaque type de goudrons afin de pouvoir ensuite caractériser les goudrons archéologiques. S'il est aisé de distinguer les goudrons de bouleau (*Betula* sp.), essentiellement constitués de tri-terpènes, de ceux de conifères di-terpéniques (Rageot *et al.* 2016 ; Regert 2004), il n'en est pas de même pour les goudrons issus des différentes familles de conifères. Les diterpènes caractéristiques des produits du pin (Mills *et al.* 1977 ; Colombini *et al.* 2004) semblent se retrouver dans d'autres espèces de conifères, ce qui pose un problème d'interprétation des résultats (Reunanen 1996 ; Regert & Rolando 2002). Une des questions essentielles est de savoir s'il faut conclure de façon générale à l'identification de conifères lorsqu'on est en présence de ces biomarqueurs, ou s'il est possible de différencier les familles, voire les espèces. La caractérisation physico-chimique des goudrons actuels s'effectue grâce à une méthodologie éprouvée. Les échantillons sont d'abord analysés par spectrométrie infrarouge (IRTF) et par spectrométrie de masse en introduction directe (DI-MS), afin d'obtenir des empreintes spectrales avec une quantité minimale de matière et sans aucune préparation préalable des échantillons. Les données sont traitées statistiquement afin de trouver les paramètres spectraux discriminant les goudrons en fonction de leur origine botanique et de leur technique de fabrication. Ensuite, les analyses en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) permettent, après extraction et dérivation des échantillons, de séparer les différents constituants moléculaires du mélange et de les identifier grâce à des bibliothèques de spectres. Dans certains cas, il est également possible d'isoler des constituants inconnus en chromatographie préparative afin d'obtenir leur spectre RMN, infrarouge et de masse, pour en déterminer la formule chimique précise.
- 9 Les analyses se sont concentrées sur l'identification de molécules non volatiles afin d'avoir une chance de pouvoir les retrouver dans les résidus archéologiques. À ce stade des recherches, nous avons commencé par des échantillons issus des enquêtes de terrain ethnoarchéologiques. Les espèces suivantes ont été considérées : genévriers oxycèdre et thurifère, thuya et if (fig. 3). Les spectres infrarouges ne sont pas discriminants de prime abord et seul un traitement statistique adapté permettra peut-être d'accéder à des critères moléculaires distinctifs. Les analyses menées en GC-MS confirment la proximité chimique entre les goudrons de ces quatre espèces. Néanmoins, quelques composés semblent être à même de nous permettre de discriminer certains d'entre eux ; en particulier, le totarol n'a été identifié que dans le goudron de thuya tandis que le matairesinol a été retrouvé dans le goudron d'if. Le ferruginol, quant à lui, est présent dans les quatre types de goudron étudiés mais il est majoritaire chez le genévrier oxycèdre.

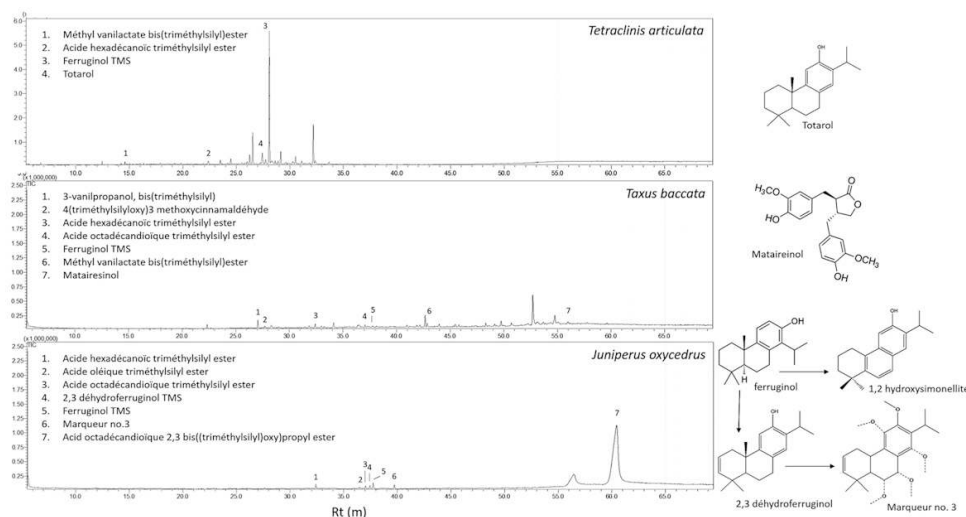


Fig. 3 – Chromatogrammes obtenus après dérivation des goudrons actuels de *Tetrclinis articulata*, *Taxus baccata* et *Juniperus oxycedrus* du Maroc. © A. A. Delgado Robles.

- 10 L'analyse des résidus archéologiques est soumise à la contrainte majeure de conservation de la matière organique qui est parfois totalement détruite par la pyrolyse. Rattacher un résidu à un goudron nécessite non seulement de connaître les signatures chimiques de chaque produit, mais aussi de comprendre la formation de marqueurs de dégradation dus à différents facteurs. La méthodologie employée pour les échantillons archéologiques est fondée sur l'étude d'empreintes spectrales en FTIR et DI-MS obtenues sur de micro-échantillons sans aucune préparation préalable ; les données obtenues sont traitées statistiquement de manière à les comparer avec celles obtenues sur des matériaux actuels de référence. Si la quantité de matière est suffisante, des analyses en GC et GC-MS peuvent alors être réalisées pour identifier les différents constituants du mélange et pour préciser l'origine botanique ainsi que l'état de transformation (techniques de fabrication) et de dégradation naturelle des échantillons considérés.
- 11 Si de nombreux résultats sont déjà connus pour la pré et protohistoire et l'Antiquité (Mills & White 1989 ; Hairfield & Hairfield 1990 ; Regert 2004 ; Rageot *et al.* 2016), la période médiévale est beaucoup plus mal connue (Regert *et al.* 2008). Suite aux découvertes récentes d'ateliers d'extraction de goudrons médiévaux fouillés sur les sites de La Roche-Redonne (La Cadière d'Azur, Var, France) et de Glauges 4, une série de 21 échantillons archéologiques (résidus noirs adhérent à des tessons) ont été analysés suivant la méthodologie analytique décrite ci-dessus. Malheureusement, ils se sont révélés pour la plupart totalement carbonisés et aucune molécule organique n'a pu être détectée. Quatre échantillons cependant ont livré un signal en spectrométrie de masse (DI-MS), mettant en évidence des ions correspondant à des fragments de molécules diterpéniques (m/z 314 et 284), ce qui laisse espérer la future caractérisation des substances naturelles exploitées par des analyses en GC-MS.

À la recherche de molécules bioactives

- 12 L'identification des molécules bioactives s'est jusqu'ici focalisée sur la partie volatile des goudrons afin de pouvoir comparer la composition et la bioactivité des huiles essentielles extraites par hydro-distillation du bois et celles des huiles essentielles extraites directement à partir des goudrons. La production des goudrons a été réalisée chez trois

coopératives forestières du Moyen Atlas (cèdre et genévriers oxycèdre et thurifère) et du Haut Atlas (genévrier de Phénicie et thuya). L'obtention des huiles essentielles de goudrons a été effectuée par hydro-distillation dans un appareil de type Clevenger. La méthode appliquée est celle décrite dans la pharmacopée européenne et selon les recommandations de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. Les huiles essentielles ont été stockées à 4°C à l'obscurité en présence de sulfate de sodium anhydre. Ensuite, elles sont analysées par CG/FID et CG/SM selon la norme AFNOR 2000.

- 13 Le dépouillement des résultats des analyses chromatographiques a permis de constater une variabilité qualitative et quantitative des constituants chimiques des goudrons qui dépendent de l'essence forestière étudiée. En effet, pour les huiles essentielles de goudrons du cèdre, les himachalènes β et γ ainsi que le méthyl-1,4-cyclohexadiène ont été identifiés comme constituants majoritaires. Celles de genévrier oxycèdre se caractérisent par le β -cedrène et cis-thujopsène alors que les huiles essentielles du goudron de *Juniperus thurifera* sont dominées par le β -cadinène et le β -cedrène. Quant à l'huile essentielle de *J. phoenicea*, ses constituants majeurs sont le β -cadinène, le β -cedrène et α -terpinéol. Enfin, l'essence de goudron du thuya est plus riche en β -cedrène, carvacrol et α -terpinéol.

Usages médicaux des goudrons : savoirs, pratiques, expertise biologique et toxicologique

Usages passés et présents

- 14 L'étude de la *materia medica*, tant latine qu'arabe, se confronte au problème de la terminologie utilisée pour désigner les goudrons en fonction de leur mode de production et de celle, parfois confuse, des essences végétales dont ils sont extraits. Elle met en évidence un affinement progressif des connaissances pharmacologiques sur le temps long. Dès l'Antiquité (Dioscoride, Pline l'Ancien, Galien), les goudrons de *Pinaceae* ont une large gamme d'application : ils sont reconnus comme anti-inflammatoires, comme antiseptiques pour soigner les plaies et les ulcères, comme expectorants et utilisés en soins dermatologiques. D'autres usages secondaires montrent que le goudron était considéré comme un médicament universel : comme décontractant musculaire, anti-venin, contre l'alopecie et même comme contraceptif. La majorité de ces usages se retrouvent dans la pharmacologie byzantine et arabe. Elle fait un retour dans la *Materia medica* de l'Occident chrétien à partir du XI^e siècle, période durant laquelle les ouvrages scientifiques en langue arabe, fortement imprégnés du savoir antique, sont traduits en latin (Jacquart & Micheau 1996 : 96). On note alors une restriction du champ d'action aux soins dermatologiques et pulmonaires, comme anti-parasites et antiseptiques/cicatrisants. Au Maroc et en Turquie, les enquêtes révèlent qu'ils sont encore utilisés comme antiseptiques, anti-inflammatoires, antiparasites, antifongiques et antibactériens ; on leur prête également une valeur prophylactique et magique (Julin 2006 ; Lindborg 2007 ; Kurt 2008 ; Kurt & Isik 2012 ; Ari *et al.* 2014 ; El Jemli *et al.* 2016). Les goudrons de genévrier, quant à eux, servent principalement aux soins dermatologiques et dentaires en médecine humaine, mais aussi aux soins mortuaires contre la putréfaction (Levey 1970 ; Corbineau *et al.* 2017). Cependant, c'est en médecine vétérinaire qu'ils sont le plus usités, contre la gale animale

et diverses affections cutanées du cheptel, comme vermifuge et parasiticide (Ari *et al.* 2018).

Bioactivité

- 15 Afin d'expertiser le bien-fondé des pratiques anciennes et actuelles, des biotests ont été effectués pour comparer la bioactivité des goudrons avec celle, mieux connue, des huiles essentielles (tabl. 1).

Bioactivité/ Espèce botanique	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Juniperus thurifera</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Cedrus atlantica</i>
Antimicrobien	x	x	x	x	x
Anti-inflammatoire	x				
Antinociceptif	x				
Antifongique	x		x	x	x
Antioxydant	x				
Hypoglycémique	x				

Tabl. 1 – Bioactivité des huiles essentielles extraites de cinq espèces de conifères (Cavaleiro *et al.* 2006 ; Loizzo *et al.* 2007 ; Mansouri *et al.* 2010, 2011a et b ; Rhafouri *et al.* 2012).

- 16 Les biotests réalisés sur les goudrons marocains ont démontré leurs propriétés antioxydante, antibactérienne et antifongique avec plus ou moins d'efficacité en fonction des essences végétales. En effet, les huiles essentielles (HE) du bois et des goudrons ainsi que les goudrons bruts ont été testés sur une batterie de onze micro-organismes de référence, qui ont été choisis pour leur pathogénicité et leur implication fréquente dans la contamination des denrées alimentaires pour les uns et la détérioration de bois d'œuvre et produits dérivés pour les autres. La technique utilisée pour les biotests antibactériens et antifongiques est celle de la dispersion des HE dans l'agar-agar à 0,2 %, selon la méthode de Satrani *et al.* (2001). Pour l'étude de l'activité antioxydante des huiles essentielles du bois et des goudrons, la technique utilisée est celle de la méthode du DPPH. L'activité du balayage du radical DPPH a été mesurée selon le protocole de Lopes-Lutz *et al.* (2008).
- 17 Les huiles essentielles des goudrons et du bois de cèdre et des genévriers thurifère, oxycedre et de Phénicie ont manifesté une grande efficacité antibactérienne et antifongique contre toutes les souches testées. Les huiles essentielles issues des goudrons du cèdre étaient plus efficaces contre les champignons que sur les bactéries. Elles sont aussi plus actives sur les champignons de pourriture du bois que les huiles essentielles hydrodistillées du bois. Que ce soit vis-à-vis des champignons ou des bactéries, les huiles essentielles issues des goudrons des trois espèces de genévriers se sont montrées plus actives par rapport à celles extraites du bois. Cependant, le spectre d'activité des huiles essentielles des goudrons des genévriers est plus important que celui des huiles essentielles du -goudron du cèdre.
- 18 Une plus grande efficacité bactéricide et fongicide a été observée pour les goudrons bruts par rapport aux huiles essentielles obtenues des goudrons et du bois des trois espèces de genévriers et du cèdre. Cette activité antimicrobienne peut être expliquée par le taux des alcools terpéniques, qui est plus élevé dans les huiles essentielles extraites des goudrons que dans celles distillées du bois. En effet, les teneurs en certaines molécules présentes dans les essences des goudrons de cèdre, comme le camphénol, et dans celles des goudrons des genévriers, comme les terpinéols, sont plus importantes que dans les huiles essentielles du bois de ces espèces. Ces molécules sont connues pour leur forte activité

antimicrobienne. Enfin, et étant donné la complexité de la composition chimique des goudrons, il ne faut pas ignorer l'effet de synergie entre les différentes molécules minoritaires et majoritaires.

- 19 Quant à l'activité antioxydante, les huiles essentielles issues des goudrons de cèdre de l'Atlas et des genévriers (thurifère, oxycèdre et de Phénicie) ont montré un pouvoir réducteur très important par comparaison avec celles extraites directement du bois de cèdre et des genévriers. Cependant, l'huile essentielle de goudron de genévrier thurifère a montré la plus grande activité antioxydante par rapport aux autres espèces étudiées. Ce grand pouvoir réducteur des HE issues des goudrons végétaux des espèces étudiées est dû à leur richesse en composés avec des groupements hydroxylés (camphénol et terpinéol), qui possèdent une grande activité antiradicallaire.

Toxicité

- 20 Les médecins médiévaux, comme certains tradi-praticiens actuels, préconisent l'application cutanée et l'administration par voie orale de goudron. Or, ces pratiques ont causé plusieurs cas d'empoisonnement, parfois mortels (Koruk *et al.* 2005 ; Achour *et al.* 2011 ; Skalli *et al.* 2014). L'intoxication est le plus souvent d'origine iatrogène, résultant de l'ingestion orale d'une quantité importante ou d'une application cutanée prolongée et étendue, voire interne. L'intoxication provoque des troubles cardio-vasculaires, neurologiques et respiratoires. Les effets secondaires observés correspondent à ceux d'une intoxication aux phénols, dont la toxicité rénale et hépatique est bien connue (Skalli *et al.* 2014). Les quelques études toxicologiques se limitent aux goudrons de pins et de genévriers dont certaines molécules, principalement des hydrocarbures aromatiques polycycliques, sont mutagéniques et génotoxiques (Shocket *et al.* 1990 ; Sccnfp 2003 ; Tisserand & Young 2013).
- 21 L'évaluation de la toxicité repose ici sur des tests de mutagénicité/anti-mutagénicité d'une part, et de cytotoxicité d'autre part, sur des échantillons de goudron de *Juniperus oxycedrus* et de *Juniperus drupacea* de Turquie. La mutagénicité/anti-mutagénicité a été évaluée par tests d'Ames sur des souches de *Salmonella typhimurium* TA98 et TA100 avec ou sans ajout d'extrait de foie de rat (S9 mix), selon la méthode de Maron & Ames (1983). Les souches de *S. typhimurium* TA98 et TA 100 ont été sélectionnées selon le protocole de Mortelmans & Zeiger (2000). Elles ont été testées sur la base de marqueurs génétiques associés. Pour chaque souche d'essai, un contrôle positif spécifique a toujours été utilisé pour tester les éventuels biais expérimentaux³. Les résultats du test de mutagénicité montrent que toutes les applications de goudron n'ont pas été mutagènes pour *S. typhimurium* TA98 et TA 100, avec ou sans ajout de S9 mix. L'effet antimutagène des goudrons a été évalué à partir du nombre moyen de révertants/ plaque, de l'écart-type (SD) et du pourcentage d'inhibition (% I) de l'activité mutagène de NPD, 2AF, 2AA et SA sur les cinq concentrations de goudrons. Le goudron de *J. drupacea* peut être considéré comme un puissant antimutagène contre NPD et 2AA, comme l'indique respectivement un pourcentage d'inhibition de plus de 70 % et de plus de 86 %. En revanche, aucune activité antimutagène n'a été mise en évidence sur AF et SA. Le goudron de *J. oxycedrus* a également montré une forte activité antimutagène contre NPD (40 % d'inhibition) et contre 2AA (plus de 96 %). Il n'est pas antimutagène contre 2AF et SA. La cytotoxicité de ces goudrons a été évaluée à partir d'un test MTT (bromure de 3-(4,5-diméthylthiazol-2-yl)-2,5-diphényl tétrazolium), à la fois sur des cellules de mammifères de culture : 3A3

(cellules normales) et MDA (cellules du cancer du sein) selon différents dosages de goudron. Les lignées cellulaires MCF-7 et MDA-MB-231 ont été traitées avec des gélules à 0,01 % et 0,005 % pendant 48 h pour déterminer si le goudron provoquait une diminution du nombre de cellules. Les traitements au goudron à 0,005 % et 0,01 % ont inhibé la croissance cellulaire d'une manière dose-dépendante à la fois sur les lignées cellulaires normales et cancéreuses, démontrant un effet cytotoxique significatif.

Conclusion

- 22 Cette recherche interdisciplinaire et diachronique améliore nos connaissances sur les savoirs techniques, botaniques et médicaux des sociétés méditerranéennes passées et présentes au travers d'un objet jusqu'alors méconnu : les goudrons de conifères apparaissent comme des ingrédients de base de la pharmacopée méditerranéenne. L'expertise biologique conforte en partie les usages anciens et pleinement les pratiques empiriques actuelles, guidées par des savoirs tacites. Par l'identification des molécules bioactives et l'évaluation de leur toxicité, cette recherche ouvre la voie à une meilleure utilisation thérapeutique de ces substances naturelles et à une meilleure valorisation des ressources forestières. Au-delà de ces résultats intrinsèques, le projet ONGUENT constitue un laboratoire de l'interdisciplinarité, instaurant un dialogue inédit entre, d'une part, sciences humaines et sciences de la vie, de l'environnement et de la matière, et d'autre part, sciences du passé et du présent, chaque discipline nourrissant les autres par ses objets, questionnements et méthodes. Par ses enjeux sociétaux, qui vont au-delà du rôle traditionnel des sciences historiques, souvent cantonné au seul travail de mémoire, la recherche débouche aussi sur des problématiques sanitaires (prévention et promotion des bonnes pratiques), écologiques (gestion raisonnée des ressources), socio-économiques (valorisation des ressources forestières, développement local) et patrimoniales (mémoire des savoirs et savoir-faire traditionnels).

Financement

- 23 Ce travail a été réalisé dans le cadre du laboratoire d'excellence LabexMed (Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée) portant la référence 10-LABX-0090.
- 24 Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du projet Investissements d'Avenir A*MIDEX portant la référence n°ANR-11-IDEX-0001-02.

BIBLIOGRAPHIE

ACHOUR S., ABOURAZZAK S., MOKHTARI A., SOULAYMANI A., SOULAYMANI R. & HIDA M. 2011. « Juniper Oil (cade oil) poisoning in new born after a cutaneous application », *BMJ [British Medical Journal] Case Reports*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22675090>.

- ARI S., KARGIOĞLU M., TEMEL M. & KONUK M. 2014. « Traditional Tar Production from the Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe var. *pallasiana*] and its usages in Afyonkarahisar, Central Western Turkey », *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10-29, <http://www.ethnobiomed.com/content/10/1/29>.
- ARI S., KARGIOĞLU M., YILDIRIM I. & KONUK M. 2018. « An ethnobotanical approach to animal diseases and biological control in Antalya: Southern Turkey », *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 17-1: 59-70.
- AUCLAIR L. & ALIFRIQUI M. (éd.). 2012. *Agdal : patrimoine socio-écologique de l'Atlas marocain*. Rabat, IRCAM [Institut royal de la culture amazighe] Éditions.
- BELLAKHDAR J. 1997. *La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Paris, Ibis Press.
- BURRI S. 2010. « Production et commerce de la poix et de l'huile de cade en basse Provence au Moyen Âge », in : C. DELHON, I. THÉRY-PARISOT & S. THIÉBAULT (éd.), *Des hommes et des plantes. Exploitation et gestion des ressources végétales de la Préhistoire à nos jours : Actes des XXX^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (22-24 octobre 2009)*. Antibes, éditions ADPCA [Association pour la promotion et la diffusion des connaissances archéologiques], (Anthropobotanica, 1).
- BURRI S. Accepté. « Wood tar extraction: between empirical practice and scholar knowledge (Antiquity-Middle Ages-Modern Era). Towards a European perspective », in : R. CORDOBA de la LLAVE (ed.), *Technical Knowledge in Europe. From Texts to Archaeological Evidences (13th-16th centuries)*. Cordoue (Espagne), à paraître.
- BURRI S. & DURAND A., « The use of the senses in technical process of wood tar making », in : F. LUGLI & S. BIAGETTI (eds), *The intangible elements of culture in the ethnoarchaeological research*. Cham (Suisse), Springer International Publishing: 169-183.
- CAVALEIRO C., PINTO E., GONÇALVES M. J. & SALGUEIRO L. 2006. « Antifungal activity of Juniperus essential oils against dermatophyte, *Aspergillus* and *Candida* strains », *Journal of Applied Microbiology*, 100 : 1333-1338. DOI : 10.1111/j.1365-2672.2006.02862.x.
- COLOMBINI M. P., GIACHI G., MONDUGNO F., PALLECCHI P. & RIBECHINI E. 2003. « The Characterization of paints and waterproofing materials of the shipwrecks found in the archaeological site of Etruscan and Roman harbor of Pisa (Italy) », *Archaeometry*, 45 : 649-664. DOI : 10.1046/j.1475-4754.2003.00135.x.
- CORBINEAU R., RUAS M.-P., BARBIER-PAIN D., FORNACIARI G., DUPONT H. & COLLETER R. 2017. « Plants and aromatics for embalming in Late Middle Ages and modern period: a synthesis of written sources and archaeobotanical data (France, Italy) », *Vegetation History and Archaeobotany* : 1-14. DOI : 10.1007/s00334-017-0620-4.
- EL JEMLI M., KAMAL R., MARMOUZI I., DOUKHALI Z., BOUIDIDA E. H., TOUATI D., NEJJARI R., EL GUESSABI L., CHERRAH Y. & ALAOUI K. 2016. « Chemical composition, acute toxicity, antioxidant and antiinflammatory activities of Moroccan *Tetraclinis articulata* L. », *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7-3 : 281-287. DOI : 10.1016/j.jtcme.2016.06.006.
- GAUQUELIN T., BERTAUDIÈRE E. V., MONTÈS N., BADRI W. & ASMODE J. F. 1999. « Endangered stands of thuriferous juniper in the western mediterranean basin: Ecological status, Conservation and Management », *Biodiversity and Conservation*, 8 : 1479-1498.
- GENIN D. & ALIFRIQUI M. 2016. « La forêt rurale du Haut Atlas. Terroirs fonctionnels et fonctions des paysages », in : M. BERRIANE & G. MICHON (éd.), *Les terroirs du Sud, vers un nouveau modèle ? Une*

- expérience marocaine*. Marseille, IRD [Institut de recherche pour le développement] Éditions ; Rabat (Maroc), Faculté des Lettres et des Sciences humaines: 69-84.
- GHANMI M., EL ABID A., CHAOUCH A., AAFI A., EL ALAMI A. & ABERCHANE M. 2009. « Caractérisation chimique de l'essence de térébenthine du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du Maroc », *Annales de la recherche forestière*, 40 : 95-102.
- HAIRFIELD H. H., HAIRFIELD E. M. 1990. « Identification of a late Bronze age resin », *Analytical Chemistry*, 62-1, 41A-45A.
- IOANNOU E., KOUTSAVITI A., TZAKOU O. & ROUSSIS V. 2014. « The genus *Pinus*: a comparative study on the needle essential oil composition of 46 pine species », *Phytochemistry Reviews*, 13-4: 741-768. DOI : 10.1007/s11101-014-9338-4.
- JACQUART D. & MICHEAU F. 1996. *La médecine arabe et l'Occident médiéval*. Paris, Maisonneuve et Larose.
- JULIN M. 2008. *Tar production – traditional medicine and potential threat to biodiversity in the Marrakesh region. An ethnobotanical study*. Uppsala (Suède), Uppsala Universitet (Master degree project in biology).
- KORUK S., OZYILKAN E., KAYA P., COLAK D., DONDERICI O. & CESARETLI Y. 2005. « uniper poisoning », *Clinical Toxicology*, 43 : 47-49.
- KURT Y., SULEYMAN KAÇAR M. & ISIK K. 2008. « Traditional Tar Production from *Cedrus libani* A. Rich on the Taurus Mountains in Southern Turkey », *Economic Botany*, 62-4 : 615-620.
- KURT Y. & ISIK K. 2012. « Comparison of tar produced by traditional and laboratory methods », *Ethno-Medicine*, 6-2 : 77-83. www.krepublishers.com/.../S-EM-06-2-077-12-227-Kurt-Y-Tt.pdf.
- LANGENHEIM J. H. 2003. *Plant Resins. Chemistry, Evolution, Ecology, and Ethnobotany*. Portland (Oregon, États-Unis), Timber Press.
- LEVEY M. 1970. « A Note on: Embaulming Procedures of al-Razi », *Pharmacy in History*, 12-4 : 169.
- LINDBORG M. 2009. *GC-MS analysis for Polyaromatic Hydrocarbons (PAH) in Moroccan medicinal tars. An ethnobotanical study and chemical investigation of the use and safety in Marrakesh and the High Atlas Mountains, Morocco*. Uppsala (Suède), Uppsala Universitet (Master degree project in biology).
- LOPES-LUTZ D., ALVIANO D. S., ALVIANO C. S. & KOŁODZIEJCZYK P. P. 2008. « Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils », *Phytochemistry*, 69 : 1732-1738.
- MANSOURI N., SATRANI B., GHANMI M., EL GHADRAOUI L., AAFI A. & FARAH A. 2010. « Valorisation des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* et *Juniperus oxycedrus* du Maroc », *Phytothérapie*, 8 : 166-170.
- MANSOURI N., SATRANI B., GHANMI M., EL GHADRAOUI L., GUEDIRA A. & AAFI A. 2011a. « Composition chimique et biologique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* et *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* du Maroc », *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 15-3 : 415-424.
- MANSOURI N., SATRANI B., GHANMI M., EL GHADRAOUI L., GUEDIRA A. & AAFI A. 2011b. « Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Juniperus communis* du Maroc », *Bulletin de la Société royale des sciences de Liège*, 2011, 80 : 791-805. <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=3340>.

- MARON D. M. & AMES B. N. 1983. « Revised Methods for the Salmonella Mutagenicity Test », *Mutation Research*, 113 : 173-215.
- MILLS J. S., WHITE R. 1977. « Natural resins of art and archaeology: their sources chemistry and identification », *Studies in Conservation*, 22 : 12-31.
- MILLS J. S. & WHITE R. 1989. « The identity of the resins from the late Bronze age shipwreck at Ulu Burun », *Archaeometry*, 31-1 : 37-44. DOI : 10.1111/j.1475-4754.1989.tb01054.x.
- MORTELMANS K. & ZEIGER E. 2000. « The Ames Salmonella/Microsome mutagenicity assay », *Mutation Research*, 445, 1 : 29-60.
- RAGEOT M., PÊCHE-QUILICHINI K., PY V., FILIPPI J.-J., FERNANDEZ X. & REGERT M. 2016. « Exploitation of beehive products, plant exudates and tars in Corsica during the early Iron Age », *Archaeometry*, 58-2 : 315-332. DOI : 10.1111/ARCM.12172.
- REGERT M. & ROLANDO C. 2002. « Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry », *Analytical Chemistry*, 74-5 : 965-975. DOI : 10.1021/ac0155862.
- REGERT M. 2004. « Investigating the history of prehistoric glues by gas chromatography - mass spectrometry », *Journal of Separation Science*, 27 : 544-554. DOI : 10.1002/jssc.200301608.
- REGERT M., DEVIÈSE T., LE HÔ A.-S. & ROUGEULLE A. 2008. « Reconstructing ancient Yemeni commercial routes during the Middle-Ages using structural characterisation of terpenoid resins », *Archaeometry*, 50 : 668-695. DOI : 10.1111/j.1475-4754.2007.00372.x.
- REUNANEN M. 1996. « Composition of tars from softwoods and birch », *Holzforshung*, 50: 118-120.
- RHAFOURI R., SATRANI B., ZAIR T., GHANMI M., AEFI A., EL OMARI M. & BENTAYEB A. 2014. « Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière seeds essential oil », *Journal of Medicinal Chemistry*, 3-5 : 1034-1043. <http://www.medjchem.com/index.php/medjchem/article/view/43>.
- SATRANI B., FARAH A., FECHTAL M., TALBI M., BLAGHEN M. & CHAOUCH A. 2001. « Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Satureja calamintha* et *Satureja alpina* du Maroc », *Annales des falsifications de l'expertise chimique*, 956 : 241-250.
- SATRANI B., FARAH A. & TALBI M. 2004. « Composition chimique et activité antibactérienne et antifongique de l'huile essentielle extraite du bois de *Tetraclinis articulata* du Maroc », *Annales des falsifications de l'expertise chimique* 964 : 75-84.
- SATRANI B., ABERCHANE M., FARAH A., CHAOUCH A. & TALBI M. 2006. « Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles extraites par hydrodistillation fractionnée du bois de *Cedrus atlantica* Manetti », *Acta Botanica Gallica*, 153-1 : 97-104. 10.1080/12538078.2004.10516021.
- SCHOKET B., HORKAY I., KOSA A., PALDEAK L., HEWER A., GROVER P.L. & PHILLIPS D.H. 1990. « Formation of DNA adducts in the skin of psoriasis patients, in human skin in organ culture, and in mouse skin and lung following topical application of coal-tar and juniper tar », *Journal of Investigative Dermatology*, 94: 241-246. [/www.jidonline.org/article/0022-202X\(90\)90207-M/fulltext](http://www.jidonline.org/article/0022-202X(90)90207-M/fulltext).
- SCIENTIFIC COMMITTEE ON COSMETIC PRODUCTS AND NON-FOOD PRODUCTS INTENDED FOR CONSUMERS. Wood tars and wood tar preparations, 2003.
- SKALLI S., CHEBAT A., BADRANE N. & SOULAYMANI BENCHEIKH R. 2014. « Side effects of cade oil in Morocco: an analysis of reports in the Moroccan herbal products database from 2004 to 2012 », *Food and Chemical Toxicology*, 64 : 81-85. DOI : 10.1016/j.fct.2013.11.009.

TISSERAND R. & YOUNG R. 2013. *Essential oil safety: a guide for health care professionals*. Edinburgh (Écosse, Royaume-Uni) / New York (États-Unis), Churchill Livingstone Elsevier, (2nd ed.).

NOTES

1. Le projet s'est focalisé sur quelques espèces. Chez les *Pinaceae* : *Pinus halepensis*, *P. brutia* ; *P. nigra* et *Cedrus atlantica* ; chez les *Cupressaceae* : *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. thurifera*, *J. drupacea* et *Tetraclinis articulata*. À cet ensemble s'ajoute *Taxus baccata* dont l'utilisation au Maroc est récente.
 2. L'agdal est un terme générique berbère désignant « des espaces collectifs où les droits d'accès et d'usages sont gouvernés par une institution locale – qui peut être villageoise, inter-villageoise ou inter-tribale – qui fixe des règles concernant les périodes et les modalités d'exploitation des ressources naturelles » (Auclair & Alifriqui, 2012).
 3. Le 4-nitro-o-phenylenediamine (NPD) a été utilisé pour TA98, et l'azide de sodium (SA) pour TA100 comme contrôle positif sans activation métabolique. De même, les 2-aminofluorene (2AF) et 2-amino-anthracene (2AA) ont été utilisés comme contrôle positif avec activation métabolique respectivement pour les souches de TA98 et TA100.
-

AUTEURS

SYLVAIN BURRI 1

1. Université de Toulouse Jean-Jaurès / Cnrs, Umr 5608 Traces « Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés », Toulouse
sylvain.burri@univ-tlse2.fr

MOHAMED ALIFRIQUI 2

2. Université Cadi Ayyad / Faculté des sciences Semlalia, Équipe Écologie animale et environnement (LabL2E - Urac 32), Marrakech (Maroc).

SOK-SIYA BUN 3

3. Aix-Marseille Université, Faculté de Pharmacie, Imbe (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale), Laboratoire de Pharmacognosie-Ethnopharmacologie, Marseille.

CARINE CENZON-SALVAYRE 4

4. LabexMed, « Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée » – Aix Marseille Université / Cnrs, Umr 7298 La3m « Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée », Aix-en-Provence.

IBRAHIM HAKKI CIGERCI 5

5. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Turquie.

ANNE CLOAREC-QUILLON 6

6. Aix Marseille Université / Cnrs, Umr 7298 La3m « Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée », Aix-en-Provence.

RÉMI CORBINEAU 6

6. Aix Marseille Université / Cnrs, Umr 7298 La3m « Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée », Aix-en-Provence.

ALMA ANGELINA DELGADO ROBLES 7-8

7. Université Côte d'Azur / Cnrs, Umr 7264 Cepam « Cultures et environnements Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge », Nice.

8. Université Côte d'Azur / Cnrs, Icn « Institut de chimie de Nice », Nice.

ALINE DURAND 9

9. Le Mans Université / Cnrs, Umr 6566 Creaah « Centre de recherches en archéologie, archéosciences, histoire », Le Mans.

MERYEM EL JEMLI 10

10. Université Mohamed V / Faculté de Pharmacie, Rabat (Maroc).

XAVIER FERNANDEZ 8

8. Université Côte d'Azur / Cnrs, Icn « Institut de chimie de Nice », Nice.

DIDIER GENIN 11

11. Aix Marseille Université / Ird (Institut de recherche pour le développement), Umr 151 « Laboratoire Population, Environnement, Développement », Marseille.

MOHAMED GHANMI 12

12. Centre de recherche forestière, Laboratoires de Chimie des plantes aromatiques et médicinales et de Microbiologie forestières, Rabat (Maroc).

MUHSIN KONUK 13

13. Üsküdar Üniversitesi, İstanbul (Turquie).

STERENN LE MAGUER 4

4. LabexMed, « Les sciences humaines et sociales au cœur de l'interdisciplinarité pour la Méditerranée » – Aix Marseille Université / Cnrs, Umr 7298 La3m « Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée », Aix-en-Provence.

RECEP LIMAN 14

14. Uşak Üniversitesi, Uşak (Turquie).

ILIAS MARMOUZI 10

10. Université Mohamed V / Faculté de Pharmacie, Rabat (Maroc).

ARNAUD MAZUY 7

7. Université Côte d'Azur / Cnrs, Umr 7264 Cepam « Cultures et environnements Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge », Nice.

DAVID OLLIVIER 6

6. Aix Marseille Université / Cnrs, Umr 7298 La3m « Laboratoire d'archéologie médiévale et moderne en Méditerranée », Aix-en-Provence.

EVELYNE OLLIVIER 3

3. Aix-Marseille Université, Faculté de Pharmacie, Imbe (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale), Laboratoire de Pharmacognosie-Ethnopharmacologie, Marseille.

MARTINE REGERT 7

7. Université Côte d'Azur / Cnrs, Umr 7264 Cepam « Cultures et environnements Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge », Nice.

BADR SATRANI 12

12. Centre de recherche forestière, Laboratoires de Chimie des plantes aromatiques et médicinales et de Microbiologie forestières, Rabat (Maroc).

KAAN YILANCIOĞLU 13

13. Üsküdar Üniversitesi, İstanbul (Turquie).