

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

[Article de révision](#)[Rétractation](#)[Erratum](#)

Cet article a été **rétracté**. Pour afficher les détails de l'article, veuillez cliquer sur l'onglet "Rétractation" ci-dessus.


Un **erratum** pour cet article a été publié. Pour afficher les détails de l'article, veuillez cliquer sur l'onglet « Erratum » ci-dessus.

### Article de revue | Libre accès

Tome 2013 | ID d'article 140509 | <https://doi.org/10.1155/2013/140509>

[Afficher la citation](#)

## Chimie et Biologie des Huiles Essentielles du Genre *Boswellia*

Hidayat Hussain <sup>1,2</sup> Ahmed Al-Harrasi,<sup>1</sup> Ahmed Al-Rawahi,<sup>1</sup> et Javid Hussain<sup>1</sup>

[Montre plus](#)

**Rédacteur académique :** Ruixin Zhang

**Publié :** 06 mars 2013

### Résumé

Les propriétés des plantes *Boswellia* sont exploitées depuis des millénaires dans les médecines traditionnelles d'Afrique, de Chine, et surtout dans l'Ayurveda indien. Dans les pays occidentaux, l'avènement des drogues synthétiques a obscurci l'utilisation pharmaceutique du *Boswellia*, jusqu'à ce qu'il soit rapporté qu'un extrait éthanolique exerce des effets anti-inflammatoires et antiarthritiques.

# Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

## 1. Introduction

Le genre *Boswellia* compte environ 20 espèces présentes dans les régions sèches s'étendant de l'Afrique de l'Ouest à l'Arabie et au sud de la région nord-est de la Tanzanie. De plus, ses espèces ont été trouvées en Inde et à Madagascar. Le genre est centré dans le nord-est de l'Afrique, où environ 75% des espèces sont endémiques à la région. Les membres de ce genre sont des arbres ou des arbustes qui sont décrits comme ayant des écorces externes qui pèlent en flocons de parchemin, une écorce interne verdâtre, des résines aromatiques aqueuses et du bois avec un latex laiteux [ 1 ].

L'encens, ou oliban, est la résine oleogum qui est récoltée à partir de plusieurs arbres différents appartenant au genre *Boswellia*. Le mot encens est dérivé de l'ancien nom français "encens", qui signifie "encens pur". L'encens est également connu en arabe sous le nom de "luban", qui signifie "blanc" ou "crème"; en grec comme "libanos"; en Ethiopie comme « etan » [ 2 – 8 ]. L'oliban (encens) est utilisé comme encens depuis l'Antiquité [ 9 , 10 ]. Ces dernières années, il a été important dans la préparation de cosmétiques et de parfums. De plus, l'oliban a des activités anti-inflammatoires, sédatives, anti-hyperlipidémiques et antibactériennes dans les médecines traditionnelles Unani (islamiques) et chinoises [ 9 -15 ].

Depuis au moins 5000 ans, l'olibanum est un matériau commercial important pour les civilisations situées en Afrique du Nord et dans la péninsule arabique. C'était un matériau commercial précieux avant même l'époque chrétienne en raison de l'intérêt pour ce matériau d'encens des anciens rois et reines, comme la reine de Saba en 700 avant JC. A l'aube du christianisme, il a été mentionné dans la Bible comme l'un des cadeaux dans lesquels les rois mages avaient apporté à Jésus la nuit de sa naissance [ 16 ]. La large utilisation de cette résine dans les cérémonies religieuses comme matériau d'encens est toujours importante dans les églises catholiques romaines, épiscopales et orthodoxes orientales. Par conséquent, la production et l'exportation d'olibanum sont une priorité économique pour des pays comme la Somalie, l'Éthiopie, Oman, l'Arabie du Sud et l'Inde. L'olibanum a été utilisé comme fixateur important dans les parfums, les savons, les crèmes, les lotions et les détergents dans les principaux produits de l'industrie des parfums et des cosmétiques, car il a une note orientale dans son parfum. L'intérêt des sociétés pharmaceutiques a créé un troisième marché pour l'oliban. Depuis l'Antiquité, il est utilisé dans la médecine traditionnelle pour ses effets antiseptiques, antiarthritiques et anti-inflammatoires. Pour cette raison, [16].

## 2. Constituants volatils de *Boswellia*

Des recherches sur la résine et les essences ou extraits de *Boswellia*, en ce qui concerne les constituants volatils spécifiques, ont été rapportées dans une série d'études [ 16 - 35 ] (tableau 1). Les procédures de caractérisation chimique ont permis d'identifier un total de 340 volatils. En raison de la nature résineuse de l'encens, il n'est pas surprenant que la majeure partie des volatils constitutifs appartienne aux familles des terpènes et des sesquiterpènes ou à leurs dérivés terpénoïdes (tableau 1). Les composés communs comprenaient  $\alpha$ - et  $\beta$ -pinène, limonène, myrcène, linalol et plusieurs autres. De plus, une série de composés purement hydrocarbonés-terpéniques a été trouvée. Plus de 30 composés des fractions sesquiterpène et diterpène ont été identifiés, par exemple l' $\alpha$ -cubebène, le  $\gamma$ -cadinène, le  $\beta$ -bourbonène et le dimère  $\alpha$ -phellandrène, qui a été signalé pour la première fois par

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

hydrodistillation, Singh et al. [ 22 ], Verghese et al. [ 23 ], et Camarda et al. [ 24 ] ont chacun trouvé que l'  $\alpha$  -thujène était la substance dominante. Cependant, les valeurs spécifiques étaient comprises entre 22,7 et 61,4 %. Cependant, Basar [ 16 ] a affirmé que le myrcène était le volatil prédominant (38 %), suivi de l'  $\alpha$  -thujène (12 %).  $\alpha$ -Le pinène a été trouvé dans tous les échantillons, avec des quantités relatives comprises entre 3,3 et 11,2 %. Dans l'hydrodistillat de *B. carter* et de *B. sacra*, les valeurs des substances détectées différaient dans une large mesure. Basar [ 16 ] a affirmé que l'acétate d'octyle (39,9 %) était le constituant principal, suivi du 1-octanol (11,9 %). Al-Harrasi et Al-saidi [ 25 ] ont trouvé que le limonène (33,5 %) et le ( *E* ) - $\beta$  -ocimène (32,2 %) étaient les composés prédominants, tandis que Marongiu et al. [ 26 ] ont affirmé que l'acétate d'octanol était le principal volatil (45,2 %), suivi du phyllocladène (13,2 %) et de l'acétate d'incensole (13 %). Mikhail et al. [ 20 ] ont identifié le duva-3,9,13-triène-1,5a-diol-1-acétate comme principal composé volatil (21,4 %), suivi de l'acétate d'octyle (13,4 %). Comme Al-Harrasi, Camarda et al. [ 24 ] ont également signalé que le limonène était la substance dominante, bien qu'à la moitié de l'abondance trouvée par Al-Harrasi (18,2%). De plus, Camarda a identifié l'  $\alpha$  -pinène comme la deuxième substance la plus abondante (15,1 %). Cependant, cette découverte contraste avec d'autres études, dans lesquelles les teneurs en  $\alpha$  -pinène étaient comprises entre 0,7 et 15,1 %. Baser et al. [ 27 ], Basar [ 16 ] et Camarda et al. [ 24 ] tous ont affirmé que le limonène était le principal constituant de *B. rivae*, avec des valeurs comprises entre 14,8 et 28,0 %. Encore une fois, une autre substance dominante semblait être l'  $\alpha$  -pinène, avec des valeurs relatives de 5,3 à 16,7 %. En accord avec cela, l'  $\alpha$  -pinène, avec l'  $\alpha$  -thujène, a été trouvé comme substance dominante chez *B. neglecta*, alors que la substance volatile la plus abondante chez *B. papyrifera* était l'acétate d'octyle à 63,5 % [ 24 ] et 56 % [ 36 ]. De plus, Basar [ 16 ] a trouvé que le *trans* -verbénol était le principal volatil (15,5 %) chez *B. pirottae* et l'  $\alpha$  -pinène (38 %) chez *B. frereana*. En résumant les données des analyses des extraits d'hydrodistillation, l'  $\alpha$  -pinène, le limonène, l'acétate d'octyle, l'  $\alpha$  -thujène et le ( *E* ) - $\beta$  -ocimène peuvent être considérés comme les composés les plus fréquemment signalés comme constituants volatils dominants du distillat d'encens. Néanmoins, ces résultats ne permettent pas une interprétation chimiosensorielle de leur contribution olfactive à l'odeur caractéristique de l'encens. Conformément aux résultats de l'hydrodistillation, Hamm et al. [ 18 ] ont trouvé que l'  $\alpha$  -thujène (avec une valeur de 11,7 %) était le volatil dominant dans un extrait de *B. serrata* obtenu par SPME. Dans l'étude de Basar [ 16 ], la thujène a également été mentionnée, mais aucune donnée quantitative n'a été fournie. Pour les analyses SPME, Basar n'a rapporté que des données qualitatives et aucune donnée quantitative. Hamm a signalé que l'  $\alpha$  -pinène, le limonène et le  $\beta$  -caryophyllène étaient les principaux constituants de *B. carteri* et *B. sacra*. En comparaison, le dimère  $\alpha$  -*phellandrène* était le volatil dominant (20,2 %) chez *B. frereana*, suivi de l'  $\alpha$  -pinène (12,4 %). L'acétate d'octyle a été trouvé en plus grande abondance (64,6 %) chez *B. papyrifera*, suivi de l'octanol (13,9 %) [ 1 ].

Tableau 1

Huile essentielle de *Boswellia* spp.

Al-Saidi et al. [ 34 ] ont rapporté le profil chimique volatil et les caractéristiques physico-chimiques de quatre qualités commerciales de résines d'oléogomme botaniquement certifiées de *B. sacra*, connues sous le nom de Hoojri, Najdi, Shathari et Shaabi, ont été étudiées. La caractéristique frappante d'Al-

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

constituant le plus abondant. De même, des rapports sur la composition de l'huile de *B. carteri* de Somalie ont également montré des variations au sein des principaux constituants, suggérant l'existence possible de différents chémotypes. L'étude Al-Saidi et al. [ 34 ] Une étude révèle que le schéma de composition de trois des huiles luban omanaises, c'est-à-dire les huiles Hoojri, Shathari et Shaabi, était différent des études citées ci-dessus en termes de constituant principal, le pinène. L'huile Najdi, cependant, a montré une certaine similitude avec l'huile somalienne *B. carteri* α échantillon étudié par Abdel Wahab et al. [ 37 ], avec le -pinène et le limonène comme principaux constituants. La variation observée pourrait être attendue, sur la base de plusieurs facteurs tels que les changements climatiques, les conditions de récolte et la source géographique. α

Étant donné que toute l'histoire de la nomenclature *Boswellia* est semée d'erreurs d'identification, Woolley et al. [ 35 ] ont montré que l'histoire de la taxonomie inexacte de l'encens s'applique également à l'erreur répandue d'identifier *B. carterii* comme étant synonyme de *B. sacra*. Woolley et al. [ 35 ] ont étudié l'huile essentielle de *B. carterii* et *B. sacra* et ont montré que *B. carterii* peut toujours être identifié par les marqueurs clés viridiflorol, cembrenol, diméthyl éthermorcinol et surtout incensole. *B. sacra* se distinguait par des quantités plus élevées d'α-pinène et de delta-3-carène, tandis que *B. carterii* possédait des quantités plus élevées d'α-thujène, de myrcène, de limonène, de *trans*-β-caryophyllène, de germacrène D et d'incensole. Woolley et al. [ 35 ] émettent l'hypothèse que les différences dans les rapports de paires énantiomériques des monoterpènes dans les résines arabes de *B. sacra* et africaines de *B. carterii* étaient dues aux différences dans l'abondance d'enzymes spécifiques chirales exprimées génétiquement pour la biosynthèse des monoterpènes. La cause la plus probable du changement génétique et de la spéciation des arbres *B. sacra* en Arabie et *B. carterii* arbres en Afrique de l'Est était l'isolement géologique créé par la vallée du Rift de la mer Rouge qui a séparé ces deux masses terrestres de plaques tectoniques. La cartographie génétique de ces espèces pourrait fournir des données concluantes à l'appui de Woolley et al. observations. Woolley et al. ont conclu que *B. sacra* et *B. carterii* sont des espèces différentes sur la base des rapports de paires énantiomériques et de la rotation optique.

Bien que l'α-pinène ait été le composé principal et qu'il ait été trouvé à des concentrations élevées dans tous les grades d'encens omanais (*B. sacra*) [ 34 ], ce composé ne peut pas être considéré comme un marqueur chimiotaxonomique pour *B. sacra* en raison de sa présence fréquente chez d'autres espèces d'encens. *Boswellia* (tableau 2). L'encens est une résine oléo-gomme naturelle dont les ingrédients peuvent dépendre de nombreux facteurs, tels que l'emplacement, le climat, le moment de la récolte et d'autres conditions environnementales. Une indication de cette variance peut être clairement observée lors de la comparaison des différents résultats des échantillons de la même espèce (tableau 2). Une diversité remarquable des composés prédominants dans des *Les espèces de Boswellia* signalées par différents auteurs sont clairement visibles dans le tableau 2. Par exemple, le myrcène et l'α-thujène ont été signalés individuellement comme étant des composés majeurs pour *B. serrata*. Mikhail et al. [ 20 ] ont rapporté que le duva-3,9,13-triène-1a-ol-5,8-oxyde-1-acétate était un composé majeur dans l'huile essentielle de *B. carteri* alors que Basar [ 16 ] a trouvé que l'acétate d'octyle était un composé majeur pour la même espèce. Le limonène, l'α-pinène et l'octanol ont été signalés individuellement comme constituants majeurs de *B. rivae*. L'incompatibilité entre les résultats mentionnés dans différentes littératures pourrait encore être logique en raison de l'influence de plusieurs facteurs mentionnés précédemment tels que le climat, les conditions de récolte et la source géographique. Cependant, de tels résultats contradictoires rendent difficile de se fier au profil chimique

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

...centage des principaux composés dans les huiles essentielles des espèces de *Boswellia* signalées.

### 3. Activités biologiques des huiles essentielles

#### 3.1. Activité antioxydante

Awadh Ali et al. [ 29 ] ont évalué les huiles essentielles des espèces de *Boswellia* pour leur activité antioxydante. Les huiles essentielles ont pu réduire le radical libre stable DPPH avec des valeurs  $IC_{50}$  de 121,4  $\mu\text{g/mL}$ , 211,2  $\mu\text{g / mL}$  et 175,2  $\mu\text{g / mL}$  pour *B. socotrana* , *B. allongé* et *B. ameero* , respectivement . Le facteur positif pour les huiles essentielles de *B. socotrana* était la concentration plus élevée de monoterpènes oxygénés [ 38 , 39 ], mais il n'y a pas de données sur l'activité antioxydante du monoterpène oxygéné ( *E*)-2,3-époxy-carène, qui est le constituant principal de cette huile. Les huiles essentielles de *Boswellia* ont montré une activité de piégeage des radicaux libres inférieure à celle d'autres huiles essentielles rapportées riches en monoterpènes oxygénés, telles que *Melissa officinalis* et *M. piperita* avec  $IC_{50} = 7,58$  et 2,53  $\mu\text{g / mL}$ , respectivement [ 40 , 41 ].

Récemment, Mothana et al. [ 31 ] ont également évalué l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Boswellia*, ne démontrant que de faibles capacités antioxydantes dans la réduction du DPPH. Les trois huiles essentielles de *B. dioscorides* , *B. allongées* et *B. socotrana* ont montré de faibles effets de piégeage des radicaux (22 % , 21 % et 28 % , respectivement) à une concentration de 1 mg/mL. En comparaison, l'acide ascorbique avait un effet antioxydant de 96 % . Cette observation était certainement associée à la faible teneur en composants phénoliques, tels que le thymol et le carvacrol, dans les trois huiles étudiées [ 39 ].

#### 3.2. Inhibition de l'acétylcholinestérase

Awadh Ali et al. [ 29 ] ont également évalué l'inhibition de l'AChE des huiles essentielles de l' espèce *Boswellia* . À une concentration de 200  $\mu\text{g / mL}$ , les huiles essentielles de *B. socotrana* (59,3 % d'inhibition) ont présenté une inhibition de l'AChE plus élevée que les huiles essentielles de *B. elongata* et *B. ameero* ( 29,6 et 41,5 % d'inhibition, respectivement). L'activité inhibitrice de l'AChE de l'huile de *B. socotrana* peut être due à la présence de ( *E*)-2,3-époxy-carène et de *p* -menth-1(7)-en-2-one, qui appartiennent à un groupe de squelettes monoterpénoïdes signalés avoir une activité inhibitrice de l'AChE [ 42 , 43]. Le pulégone, un monoterpène à squelette *p* -menthane chez *Mentha* spp, a montré une inhibition de l'AChE avec une  $CI_{50}$  de 890  $\mu\text{M}$  [ 42 ].

#### 3.3. Activité anti-microbienne

Camarda et al. [ 24 ] ont étudié l' efficacité antimicrobienne de *B. carteri* contre *Escherichia coli* , *Pseudomonas aeruginosa* et trois souches de *Staphylococcus aureus* . Une activité inhibitrice a été trouvée contre tous les agents pathogènes, la sensibilité la plus élevée étant notée pour *P. aeruginosa* à des concentrations aussi faibles que 6,6  $\mu\text{g / mL}$ . À l'inverse, l'huile essentielle de *B. carterii* a été



## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

Mothana et al. [ 31 ] ont évalué l'activité antimicrobienne des huiles de *B. aioscoriaes*, *B. allonge* et *B. socotrana* contre deux bactéries Gram-positives, deux bactéries Gram-négatives et une souche fongique. Les résultats ont indiqué que les huiles présentaient divers degrés d'inhibition de la croissance contre les souches bactériennes. Cependant, aucune activité n'a été enregistrée contre le champignon *Candida albicans*. Les souches Gram-positives ont montré plus de sensibilité aux huiles essentielles testées que les Gram-négatives. L'huile essentielle de *B. socotrana* a démontré la plus forte activité avec les valeurs de CMI les plus faibles (1,87 mg/mL) obtenues contre *Staphylococcus aureus* et *Bacille subtilis*.

Une autre étude de Camarda et al. [ 24 ] ont démontré que les huiles essentielles de quatre espèces de *Boswellia* présentaient une activité antifongique significative contre *Candida albicans* et *Candida tropicalis*. Camarda et al. [ 24 ] et Shao et al. [ 43 ] ont rapporté que le limonène présent dans les huiles essentielles était le composant responsable de l'activité antifongique. Ainsi, l'absence de limonène dans les huiles essentielles explorées par Mothana et al. [ 31 ] ont expliqué l'absence d'activité antifongique.

Les valeurs de CMI des huiles essentielles testées étaient relativement inférieures à celles des témoins positifs (3,5 à 7,0 lg/mL). Cependant, en tant que pétroles bruts, les résultats globaux du dépistage de l'activité antimicrobienne indiquaient toujours le potentiel de ces médicaments à base de plantes à être des traitements efficaces contre les infections bactériennes. De plus, les monoterpènes oxygénés, tels que le camphre, le bornéol, le linalol et l' $\alpha$ -terpinéol, seraient responsables de l'activité antimicrobienne de plusieurs huiles essentielles [ 44 , 45 ]. Par conséquent, l'efficacité antibactérienne élevée de *B. socotrana* pourrait être attribuée au pourcentage élevé de monoterpènes oxygénés, tels que le camphre,  $\alpha$ -fenchol, terpinène-4-ol et bornéol. De plus, la prédominance de la 2-hydroxy-5-méthoxy-acétophénone (16,3 %) pourrait avoir contribué à la forte activité [ 31 ].

De plus, l'huile essentielle de résine de *B. rivae* a été testée pour son activité antifongique contre *Candida albicans* ATCC 10231. Dans des rapports précédents, les huiles essentielles de *B. rivae* ont montré la valeur CMI la plus basse de 2,6  $\mu$ g /mL (0,3 % v/v) contre le même souche de *C. albicans* [ 24 ] parmi les huiles testées. Comme la formation d'hyphes est un processus morphogénétique qui contribue à la virulence de *C. albicans* [ 46 ], Schillaci et al. [ 47 ] ont choisi de tester l'activité de formation de tube anti-germe de l'huile. Dans ce cas, l'huile de *B. rivae* a démontré une activité particulièrement bonne en tant qu'inhibiteur de la formation de tubes germinatifs avec un IC<sub>50</sub> valeur de 0,12  $\mu$ g /mL (0,014 % v/v). Ainsi, des valeurs IC<sub>50</sub> aussi faibles pour *B. rivae* étaient une bonne indication que cette huile avait également une activité antibiofilm démontrable. En fait, les auteurs ont observé la prévention de l'adhérence et de la formation de biofilm à une concentration inférieure à la CMI de 0,88  $\mu$ g /mL (0,1 % v/v). De plus, l'huile était significativement active à une concentration de 44,1  $\mu$ g /mL (5 % v/v) contre un biofilm de *C. albicans* préformé de 24 h [ 47 ]. Le principal composant chimique de l'huile de résine oleogum de *B. rivae* était le limonène (28 %), un hydrocarbure monoterpène ayant une activité antifongique démontrée [ 48 ]. Cependant, il est difficile d'attribuer l'activité anti-biofilm à un seul composant, et d'autres études sont nécessaires pour comprendre le rôle des composants d'une telle huile dans l'activité biologique.

Al-Saidi et al. [ 34 ] ont rapporté une activité antibactérienne des résines oléo-gomme de *B. sacra*, connues sous le nom de Hoojri, Najdi, Shathari et Shaabi contre. Les quatre huiles étaient efficaces contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives. Les isolats cliniques de *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* et *Enterobacter aerogenes* étaient

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

membrane externe n'est pas totalement imperméable aux molécules hydrophobes ; certains d'entre eux peuvent traverser lentement les porines. Ainsi, le passage à travers la membrane externe contribue à l'activité bactéricide d'un composé. Cela pourrait être l'explication possible de la sensibilité de certaines bactéries Gram-négatives aux différentes huiles de luban [ 34 ].

Récemment Abdoul-latif et al. [ 49 ] ont rapporté l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *B. sacra* et *B. papyrifera*. La meilleure zone d'inhibition de l'huile essentielle de *B. sacra* pour les bactéries a été obtenue pour *Enterococcus faecalis* (37 mm), *Shigella dysenteria* (37 mm), *Salmonella enterica* (35 mm), *Bacillus cereus* (34 mm) et *Listeria innocua* ( 34 mm). De même la meilleure zone d'inhibition de l'huile essentielle de *B. papyrifera* pour les bactéries a été obtenue pour *Salmonella enterica* (40 mm), *Bacillus cereus* (39 mm), *Enterococcus faecalis* (39 mm), *Shigella dysenteria* (31 mm) et *Staphylococcus camorum* (30 mm). Fait intéressant, les huiles essentielles de *B. sacra* et *B. papyrifera* présentent une activité antimicrobienne plus forte que la tétracycline.

### 3.4. Activité anticancéreuse

La viabilité cellulaire induite par l'huile d'encens a été étudiée pour les huiles essentielles de *B. carterii* dans les cellules J82 du cancer de la vessie humaine et les cellules urothéliales UROtsa de la vessie normale immortalisées [ 50]. Les résultats ont montré que dans une plage de concentrations, l'huile d'encens supprimait la viabilité cellulaire dans les cellules J82 du carcinome transitionnel de la vessie, mais pas dans les cellules UROtsa. Une analyse complète de l'expression génique a confirmé que l'huile d'encens activait les gènes responsables de l'arrêt du cycle cellulaire, de la suppression de la croissance cellulaire et de l'apoptose dans les cellules J82. Cependant, la mort cellulaire induite par l'huile d'encens dans les cellules J82 n'a pas entraîné de fragmentation de l'ADN, une caractéristique de l'apoptose. Par conséquent, l'huile d'encens a semblé distinguer les cellules cancéreuses des cellules normales de la vessie et supprimer la viabilité des cellules cancéreuses. L'analyse par puce à ADN et bioinformatique a proposé de multiples voies qui pourraient être activées par l'huile d'encens pour induire la mort des cellules cancéreuses de la vessie [ 50 ].

Récemment, Suhail et al. [ 51 ] ont montré que l'huile essentielle de *B. sacra* supprimait d'importantes caractéristiques malignes des cellules tumorales, telles que l'invasion et la croissance sphéroïde tumorale multicellulaire. La plasticité des cellules tumorales permet aux cellules tumorales hautement malignes d'exprimer des marqueurs spécifiques aux cellules endothéliales et de former des structures de réseau de type vaisseau sur les membranes basales. Il a été démontré que le modèle d'invasion tumorale in vitro à base de Matrigel est corrélé au potentiel métastatique in vivo [ 52 ]. Ce modèle in vitro a été utilisé pour étudier les mécanismes du comportement agressif du cancer, des métastases et du mauvais pronostic [ 53 ], et il a été utilisé comme outil pour cribler des agents thérapeutiques pour une activité antimétastatique [ 54 , 55]. Les cellules MDA-MB-231 cultivées sur Matrigel sont plus résistantes à la viabilité cellulaire supprimée par l'huile essentielle que les cellules cultivées sur des plaques de culture tissulaire. Cette différence peut résulter des effets protecteurs de la matrice de membrane basale Matrigel enrichie de divers facteurs de croissance. De plus, les cellules cancéreuses peuvent former des agrégats sphéroïdes multicellulaires, qui offrent une protection aux cellules cancéreuses contre certains agents chimiothérapeutiques [ 56 ].

Des sphéroïdes tumoraux multicellulaires en culture ont été utilisés comme modèle in vitro pour le

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

traitement du cancer du sein invasif.

Des activations aberrantes des molécules de signalisation Akt et ERK1/2 MAPK ont été identifiées dans divers cancers, dont le cancer du sein, et les activations d'Akt et ERK1/2 ont été suggérées comme marqueurs pronostiques indépendants du cancer. La voie Akt s'est avérée être activée aux premiers stades du développement du cancer du sein [ 58 ], et l'activation de la signalisation Akt protège les cellules cancéreuses du sein de l'apoptose induite par le tamoxifène in vitro et confère un mauvais pronostic chez les patientes cancéreuses [ 59 , 60 ]. Il a également été démontré que l'activation de ERK1/2 est associée au développement de la résistance au tamoxifène et à la survie des patients [ 61 , 62]. Akt et ERK1/2 ont été proposés comme cibles moléculaires pour le traitement du cancer du sein, en particulier dans les états résistants aux anti-œstrogènes [ 63 , 64 ]. Il a été démontré que le ciblage de la signalisation Akt en inhibant la signalisation mTRO rétablit les réponses du cancer aux médicaments de chimiothérapie [ 65 , 66 ], et il a été démontré que l'inhibition de la signalisation du récepteur du facteur de croissance épidermique (EGFR) / HER2 et MAPK entraîne une inhibition de la croissance et l'apoptose de Cellules cancéreuses du sein exprimant l'EGFR [ 67 ]. Des études ont montré que les acides boswelliques et l'AKBA activent la voie PI3 K/Akt dans les cellules HT29 du cancer du côlon humain [ 68 ]. Suhal et al. [ 51 ] ont démontré que *B. sacral* l'huile essentielle a supprimé l'activation d'Akt et ERK1/2 dans les lignées cellulaires de cancer du sein humain, à l'exception de MDA-MB-231. Les différences observées entre les acides boswelliques et l'huile essentielle de *B. sacra* peuvent résulter de différents types de cellules tumorales testées ou de composants autres que les acides boswelliques présents dans l'huile essentielle [ 51 ].

### 3.5. Activité antibiofilm

Schillaci et al. [ 47 ] ont évalué l'activité anti-biofilm des huiles essentielles de *B. papyrifera* disponibles dans le commerce contre les biofilms préformés de 24 h de deux souches bactériennes : *Staphylococcus epidermidis* DSM 3269 et *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. les concentrations les plus basses de 13,6  $\mu$  g/mL (1,5 % v/v) et 6,8  $\mu$  g/mL (0,75 % v/v) étaient inférieures à la concentration de la CMI de 22,6  $\mu$  g/mL (2,6 % v/v), tel que déterminé par rapport aux formes planctoniques des deux souches bactériennes. Ces données étaient curieuses, étant donné que les biofilms staphylococciques sont généralement résistants aux antibiotiques conventionnels à des concentrations allant jusqu'à 1000 fois la CMI.

## 4. Conclusion

Aucun des volatils identifiés dans les différentes études n'a, à notre connaissance, été attribué à l'odeur spécifique de l'encens. Il est intéressant de noter, cependant, qu'une odeur semblable à celle de l'oliban a été signalée ailleurs pour une substance trouvée dans les résidus d'huile d'orange [ 21 ] qui a été identifiée comme étant l'acide cis-iso-cascarilla. Néanmoins, ce composé n'a pas été rapporté comme constituant de l'encens dans la littérature discutée dans cet article.

De plus, il reste sans réponse s'il existe des substances ayant des qualités olfactives spécifiques à l'encens, ou si l'odeur caractéristique de l'encens est due à un mélange spécifique de dormants, comme souvent observé dans d'autres arômes alimentaires ou végétaux. Des recherches supplémentaires sont



## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

Activités biologiques des huiles essentielles du genre *Boswellia*.

### Références

1. K. Vollesen, « Burseraceae », dans *Flora of Ethiopia*, I. Hedberg et S. Edwards, Eds., vol. 3, pp. 442–447, Herbier national, Université d'Addis-Abeba, Addis-Abeba, Éthiopie, 1989.  
Voir sur : [Google Scholar](#)
2. A. Dekebo, *Etudes phytochimiques sur la résine de certains Commiphora et Boswellia spp. [Doctorat. thèse]*, Université d'Addis-Abeba, Addis-Abeba, Éthiopie, 2001.
3. GH Kindeya, *Ecologie et gestion de Boswellia papyrifera (Del.) Hochst. Forêt sèche du Tigré, nord de l'Éthiopie [Ph.D. thèse]*, Culvillier, Göttingen, Allemagne, 2003.
4. AO Tucker, « Encens et myrrhe », *Economic Botany*, vol. 40, non. 4, p. 425–433, 1986.  
Afficher sur : [Site de l'éditeur](#) | [Google Scholar](#)
5. A. Moussaieff and R. Mechoulam, “*Boswellia* resin: from religious ceremonies to medical uses; a review of in-vitro, in-vivo and clinical trials,” *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 61, no. 10, pp. 1281–1293, 2009.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
6. H. P. Ammon, “Boswellic acids in chronic inflammatory diseases,” *Planta Medica*, vol. 72, no. 12, pp. 1100–1116, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
7. D. Poeckel and O. Werz, “Boswellic acids: biological actions and molecular targets,” *Current Medicinal Chemistry*, vol. 13, no. 28, pp. 3359–3369, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
8. B. A. Shah, G. N. Qazi, and S. C. Taneja, “Boswellic acids: a group of medicinally important compounds,” *Natural Product Reports*, vol. 26, no. 1, pp. 72–89, 2009.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
9. Shanghai Scientific and Technologic Press, *Dictionary of Chinese Traditional Medicines*, Shogakkan, Tokyo, Japan, 1985.
10. H. Safayhi and H. P. T. Ammon, “Pharmakologische Aspekte von Weihrauch und Boswelliasauren,” *Pharmazeutisch Zeitung*, vol. 142, pp. 3277–3280, 1997.  
View at: [Google Scholar](#)

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

12. X. F. Fan, L. Bao, K. X. Zhang et al., “Effects of an acetone extract of *Boswellia carteri* Burw. (Burseraceae) gum resin on adjuvant-induced arthritis in lewis rats,” *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 101, no. 1–3, pp. 104–109, 2005.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
13. B. Büchele, W. Zugmaier, A. Estrada et al., “Characterization of 3 $\alpha$ -Acetyl-11-keto- $\alpha$ -boswellic acid, a pentacyclic triterpenoid inducing apoptosis in vitro and in vivo,” *Planta Medica*, vol. 72, no. 14, pp. 1285–1289, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
14. N. Banno, T. Akihisa, K. Yasukawa et al., “Anti-inflammatory activities of the triterpene acids from the resin of *Boswellia carteri*,” *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 107, no. 2, pp. 249–253, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
15. T. Akihisa, K. Tabata, N. Banno et al., “Cancer chemopreventive effects and cytotoxic activities of the triterpene acids from the resin of *Boswellia carteri*,” *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 29, no. 9, pp. 1976–1979, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
16. S. Basar, *Phytochemical investigations on Boswellia species [Ph.D. thesis]*, University of Hamburg, Hamburg, Germany, 2005.
17. H. Obermann, “Die chemischen und geruchlichen Unterschiede von Weihrauchharzen,” *Dragoco Report*, vol. 24, pp. 260–265, 1977.  
View at: [Google Scholar](#)
18. S. Hamm, J. Bleton, J. Connan, and A. Tchaplal, “A chemical investigation by headspace SPME and GC-MS of volatile and semi-volatile terpenes in various olibanum samples,” *Phytochemistry*, vol. 66, no. 12, pp. 1499–1514, 2005.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
19. S. Basar, A. Koch, and W. A. König, “A verticillane-type diterpene from *Boswellia carterii* essential oil,” *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 315–318, 2001.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
20. B. R. Mikhaeil, G. T. Maatooq, F. A. Badria, and M. M. A. Amer, “Chemistry and immunomodulatory activity of frankincense oil,” *Zeitschrift für Naturforschung C*, vol. 58, no. 3-4, pp. 230–238, 2003.  
View at: [Google Scholar](#)
21. M. Mertens, A. Buettner, and E. Kirchoff, “The volatile constituents of frankincense—a review,” *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 24, no. 6, pp. 279–300, 2009.

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

[View at: Publisher Site | Google Scholar](#)

23. J. Verghese, M. T. Joy, J. A. Retamar, G. G. Malinskas, C. A. N. Catalan, and E. G. Gros, “A fresh look at the constituents of Indian Olibanum oil,” *Flavour Fragrance Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 99–102, 1987.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

24. L. Camarda, T. Dayton, V. Di Stefano, R. Pitonzo, and D. Schillaci, “Chemical composition and antimicrobial activity of some oleogum resin essential oils from *Boswellia* spp. (Burseraceae),” *Annali di Chimica*, vol. 97, no. 9, pp. 837–844, 2007.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

25. A. Al-Harrasi and S. Al-Saidi, “Phytochemical analysis of the essential oil from botanically certified oleogum resin of *Boswellia sacra* (Omani luban),” *Molecules*, vol. 13, no. 9, pp. 2181–2189, 2008.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

26. B. Marongiu, A. Piras, S. Porcedda, and E. Tuveri, “Extraction of *Santalum album* and *Boswellia carterii* Birdw. volatile oil by supercritical carbon dioxide: influence of some process parameters,” *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 21, no. 4, pp. 718–724, 2006.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

27. K. H. C. Başer, B. Demirci, A. Dekebo, and E. Dagne, “Essential oils of some *Boswellia* spp., myrrh and opopanax,” *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 153–156, 2003.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

28. M. Pailer, O. Scheidl, H. Gutwillinger, E. Klein, and H. Obermann, “Über die Zusammensetzung des Pyrolysates von Weihrauch “Aden”, dem Gummiharz von *Boswellia carteri* Birdw., 1. Mitt,” *Monatshefte für Chemie*, vol. 112, no. 3, pp. 341–358, 1981.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

29. N. A. Awadh Ali, M. Wurster, N. Arnold, U. Lindequist, and L. Wessjohann, “Chemical composition and biological activities of essential oils from the Oleogum resins of three endemic Soqotraen *Boswellia* species,” *Records of Natural Products*, vol. 2, no. 1, pp. 6–12, 2009.

View at: [Google Scholar](#)

30. G. Strappaghetti, S. Corsano, A. Craveiro, and G. Proietti, “Constituents of essential oil of *Boswellia frereana*,” *Phytochemistry*, vol. 21, no. 8, pp. 2114–2115, 1982.

View at: [Google Scholar](#)

31. R. A. A. Mothana, S. S. Hasson, W. Schultze, A. Mowitz, and U. Lindequist, “Phytochemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of essential oils of three endemic Soqotraen *Boswellia* species,” *Food Chemistry*, vol. 126, no. 3, pp. 1149–1154, 2011.

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

[View at: Publisher Site | Google Scholar](#)

33. A. Dekebo, M. Zewdu, and E. Dagne, “Volatile oils of frankincense from *Boswellia papyrifera*,” *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, vol. 13, no. 1, pp. 93–96, 1999.  
View at: [Google Scholar](#)
34. S. Al-Saidi, K. B. Rameshkumar, A. Hisham, N. Sivakumar, and S. Al-Kindy, “Composition and antibacterial activity of the essential oils of four commercial grades of Omani Luban, the oleo-gum resin of *Boswellia sacra*,” *Chemistry and Biodiversity*, vol. 9, no. 3, pp. 615–624, 2012.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
35. C. L. Woolley, M. M. Suhail, B. L. Smith et al., “Chemical differentiation of *Boswellia sacra* and *Boswellia carterii* essential oils by gas chromatography and chiral gas chromatography-mass spectrometry,” *Journal Chromatography A*, vol. 1261, pp. 158–163, 2012.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
36. A. Dekebo, E. Dagne, O. R. Gautun, and A. J. Aasen, “Triterpenes from the resin of *Boswellia neglecta*,” *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, vol. 16, no. 1, pp. 87–90, 2002.  
View at: [Google Scholar](#)
37. S. M. Abdel Wahab, E. A. Aboutabl, S. M. El-Zalabani, H. A. Fouad, H. L. de Pooter, and B. El-Fallaha, “The essential oil of olibanum,” *Planta Medica*, vol. 53, no. 4, pp. 382–384, 1987.  
View at: [Google Scholar](#)
38. M. T. Baratta, H. J. D. Dorman, S. G. Deans, D. M. Biondi, and G. Ruberto, “Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and coriander essential oils,” *Journal of Essential Oil Research*, vol. 10, no. 6, pp. 618–627, 1998.  
View at: [Google Scholar](#)
39. G. Ruberto and M. T. Baratta, “Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems,” *Food Chemistry*, vol. 69, no. 2, pp. 167–174, 2000.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
40. N. Mimica-Dukic, B. Bozin, M. Sokovic, and N. Simin, “Antimicrobial and antioxidant activities of *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) essential oil,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, no. 9, pp. 2485–2489, 2004.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
41. N. Mimica-Dukić, B. Božin, M. Soković, B. Mihajlović, and M. Matavulj, “Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils,” *Planta Medica*, vol. 69, no. 5, pp. 413–419, 2003.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

43. L. Shao, C. F. Ho, C. K. Chan, Y. Dzhurav, W. Ma, and M. T. Huang, "Antimicrobial activity of boswellic acids from *Boswellia serrata* against human leukemia HL-60 cells in culture," *Planta Medica*, vol. 64, no. 4, pp. 328–331, 1998.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
44. C. F. Carson and T. V. Riley, "Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*," *Journal of Applied Bacteriology*, vol. 78, no. 3, pp. 264–269, 1995.  
View at: [Google Scholar](#)
45. S. Pattnaik, V. R. Subramanyam, M. Bapaji, and C. R. Kole, "Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils," *Microbios*, vol. 89, no. 358, pp. 39–46, 1997.  
View at: [Google Scholar](#)
46. K. E. Wesenberg-Ward, B. J. Tyler, and J. T. Sears, "Adhesion and biofilm formation of *Candida albicans* on native and pluronic-treated polystyrene," *Biofilms*, vol. 2, no. 1, pp. 63–71, 2005.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
47. D. Schillaci, V. Arizza, T. Dayton, L. Camarda, and V. Di Stefano, "In vitro anti-biofilm activity of *Boswellia* spp. oleogum resin essential oils," *Letters in Applied Microbiology*, vol. 47, no. 5, pp. 433–438, 2008.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
48. K. K. Aggarwal, S. P. S. Khanujia, A. Ahmed, T. R. S. Kumar, V. Gupta, and S. Kumar, "Antimicrobial activity profiles of the two enantiomers of limonene and carvone isolated from the oils of *Mentha spicata* and *Anethum sowa*," *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 59–63, 2002.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
49. F. M. Abdoul-latif, L. C. Obame, I. H. N. Bassolé, and M. H. Dicko, "Antimicrobial activities of essential oil and methanol extract of *Boswellia sacra* Flueck. and *Boswellia papyrifera* (Del.) Hochst from Djibouti," *International Journal of Management, Modern Sciences and Technologies*, vol. 1, pp. 1–10, 2012.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
50. M. B. Frank, Q. Yang, J. Osban et al., "Frankincense oil derived from *Boswellia carteri* induces tumor cell specific cytotoxicity," *BMC Complementary and Alternative Medicine*, vol. 9, article 6, 2009.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
51. M. M. Suhail, W. Wu, A. Cao et al., "*Boswellia sacra* essential oil induces tumor cellspecific apoptosis and suppresses tumor aggressiveness in cultured human breast cancer cells,"



## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

2017-2011, 2011.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

53. J. M. Gozgit, B. T. Pentecost, S. A. Marconi, C. N. Otis, C. Wu, and K. F. Arcaro, "Use of an aggressive MCF-7 cell line variant, TMX2-28, to study cell invasion in breast cancer," *Molecular Cancer Research*, vol. 4, no. 12, pp. 905–913, 2006.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

54. C. Y. Sasaki and A. Passaniti, "Identification of anti-invasive but noncytotoxic chemotherapeutic agents using the tetrazolium dye MTT to quantitate viable cells in matrigel," *BioTechniques*, vol. 24, no. 6, pp. 1038–1043, 1998.

View at: [Google Scholar](#)

55. Z. Liang, T. Wu, H. Lou et al., "Inhibition of breast cancer metastasis by selective synthetic polypeptide against CXCR4," *Cancer Research*, vol. 64, no. 12, pp. 4302–4308, 2004.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

56. R. M. Sutherland, H. A. Eddy, B. Bareham, K. Reich, and D. Vanantwerp, "Resistance to adriamycin in multicellular spheroids," *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, vol. 5, no. 8, pp. 1225–1230, 1979.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

57. G. W. West, R. Weichselbaum, and J. B. Little, "Limited penetration of methotrexate into human osteosarcoma spheroids as a proposed model for solid tumor resistance to adjuvant chemotherapy," *Cancer Research*, vol. 40, no. 10, pp. 3665–3668, 1980.

View at: [Google Scholar](#)

58. H. J. Lin, F. C. Hsieh, H. Song, and J. Lin, "Elevated phosphorylation and activation of PDK-1/AKT pathway in human breast cancer," *British Journal of Cancer*, vol. 93, no. 12, pp. 1372–1381, 2005.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

59. J. Cicens, P. Urban, V. Vuaroqueaux et al., "Increased level of phosphorylated akt measured by chemiluminescence-linked immunosorbent assay is a predictor of poor prognosis in primary breast cancer overexpressing ErbB-2," *Breast Cancer Research*, vol. 7, no. 4, pp. R394–R401, 2005.

View at: [Google Scholar](#)

60. G. Pérez-Tenorio, O. Stål, L. G. Arnesson et al., "Activation of Akt/PKB in breast cancer predicts a worse outcome among endocrine treated patients," *British Journal of Cancer*, vol. 86, no. 4, pp. 540–545, 2002.

View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

62. J. M. Gee, J. F. Robertson, I. O. Ellis, and R. I. Nicholson, "Phosphorylation of ERK1/2 mitogen-activated protein kinase is associated poor response to anti-hormonal therapy and decreased patient survival in colinical breast cancer," *International Journal Cancer*, vol. 95, no. 4, pp. 247–254, 2001.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
63. T. Frogne, J. S. Jepsen, S. S. Larsen, C. K. Fog, B. L. Brockdorff, and A. E. Lykkesfeldt, "Antiestrogen-resistant human breast cancer cells require activated Protein Kinase B/Akt for growth," *Endocrine-Related Cancer*, vol. 12, no. 3, pp. 599–614, 2005.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
64. Y. Cui, I. Parra, M. Zhang et al., "Elevated expression of mitogen-activated protein kinase phosphatase 3 in breast tumors: a mechanism of tamoxifen resistance," *Cancer Research*, vol. 66, no. 11, pp. 5950–5959, 2006.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
65. M. Beeram, Q. T. N. Tan, R. R. Tekmal, D. Russell, A. Middleton, and L. A. deGraffenried, "Akt-induced endocrine therapy resistance is reversed by inhibition of mTOR signaling," *Annals of Oncology*, vol. 18, no. 8, pp. 1323–1328, 2007.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
66. L. A. deGraffenried, W. E. Friedrichs, D. H. Russell et al., "Inhibition of mTOR activity restores tamoxifen response in breast cancer cells with aberrant Akt activity," *Clinical Cancer Research*, vol. 10, no. 23, pp. 8059–8067, 2004.  
View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
67. D. C. Lev, L. S. Kim, V. Melnikova, M. Ruiz, H. N. Ananthaswamy, and J. E. Price, "Dual blockade of EGFR and ERK1/2 phosphorylation potentiates growth inhibition of breast cancer cells," *British Journal of Cancer*, vol. 91, no. 4, pp. 795–802, 2004.  
View at: [Google Scholar](#)
68. JJ Liu et RD Duan, "LY294002 améliore l'apoptose induite par l'acide boswellique dans les cellules cancéreuses du côlon", *Anticancer Research* , vol. 29, non. 8, pages 2987–2991, 2009.  
Voir sur : [Google Scholar](#)

---

### droits d'auteur

## Médecine complémentaire et alternative fondée sur des données probantes

 [Télécharger d'autres formats](#) 

 [Commander des exemplaires imprimés](#) 

[À propos de nous](#) 

[Contactez-nous](#)

[Partenariats](#)

[Blog](#)

[Journaux](#)

[Frais de traitement des articles](#)

[Éditions imprimées](#)

[Auteurs](#)

[Éditeurs](#)

[Réviseurs](#)

[Partenariats](#)

[Corpus XML hindawi](#)

[Initiative des archives ouvertes](#)

[Prévention de la fraude](#)