

Analyse CPG-MS et activité anti sinusite *in vitro* de l'huile essentielle fractionnée des feuilles de *Diphasia klaineana* Pierre (Rutaceae) de Côte d'Ivoire.

Kone Y., Boua Boua B.*, Mamyrbekova-Bekro J.A., Bekro Y.A.

Laboratoire de Chimie Bio-organique et de Substances Naturelles (LCBOSN / www.labcbosn.com), UFR-SFA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02 (République de Côte d'Ivoire).

Date de réception : 18 septembre 2018 ; Date de révision : 28 septembre 2018 ; Date d'acceptation : 10 octobre 2018

Résumé :

Trente-sept (37) constituants monoterpéniques et sesquiterpéniques hydrocarbonés et oxygénés ont été identifiés dans l'huile essentielle des feuilles de *Diphasia klaineana*, une Rutaceae de Côte d'Ivoire. Ces structures chimiques résultent de l'analyse spectrométrique CPG-MS de 5 fractions (F1, F3, F5, F7, F9) de ladite huile, obtenues par hydrodistillation fractionnée. En vue d'évaluer le potentiel anti-sinusite de la plante, lesdites fractions ont été soumises à des tests antibactériens *in vitro* contre la souche de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Les fractions F3 et F5 ont affiché une activité bactéricide significative avec une CMI= 1,25mg/mL par rapport à la fraction F1 (CMI= 2,5mg/mL). Les fractions F7 et F9 se sont révélées inactives.

Mots clés : *Diphasia klaineana*, Rutaceae, hydrodistillation fractionnée, huile essentielle, activité bactéricide, Côte d'Ivoire.

GC-MS analysis and anti-sinusitis activity *in vitro* of the fractionated essential oil from the leaves of *Diphasia klaineana* Pierre (Rutaceae) of Côte d'Ivoire.

Abstract :

Thirty-seven (37) hydrocarbon and oxygenated monoterpenes and sesquiterpenes constituents have been identified in the essential oil of the leaves of *Diphasia klaineana*, a Rutaceae from Côte d'Ivoire. These chemical structures result from the spectrometric analysis CPG-MS of fractions (F1, F3, F5, F7, F9) of said oil, obtained by fractional hydro distillation. In order to evaluate the anti-sinusitis potential of the plant, said fractions have been subjected to *in vitro* antibacterial tests against *Staphylococcus aureus* strain ATCC 25923. The fractions F3 and F5 displayed a significant bactericidal activity with a MIC = 1.25 mg / mL compared to fraction F1 with MIC = 2.5 mg / mL). Fractions F2 and F7 were inactive.

Key words: *Diphasia klaineana*, Rutaceae, fractional hydro distillation, essential oil, bactericidal activity, Côte d'Ivoire.

Introduction

La sinusite est une maladie infectieuse (virale, bactérienne, fongique) causant une inflammation de la muqueuse naso-sinusienne dans la majorité des cas (Papon, 2009). Elle est fréquente et touche 10% à 15% de la population adulte et enfant (Stewart et al., 2010 ; Kroa et al., 2015). En raison des rapports anatomiques étroits des sinus de la face avec les structures avoisinantes, l'infection peut diffuser et provoquer des complications orbitaire et crânienne gravissimes, mettant en jeu le pronostic fonctionnel et vital (Belcaid, 2011). Diverses bactéries sont à l'origine de cette à pathologie au nombre desquelles le *Staphylococcus aureus* occupe une place de choix (Otmani, 2010 ; Nahim, 2011). Actuellement, seule l'antibiothérapie est indiquée en cas de sinusite. Cependant, cette maladie reste redoutable malgré les progrès de l'antibiothérapie (Belcaid, 2011). La recherche d'agents thérapeutiques alternatifs d'origine

naturelle peut contribuer à traiter efficacement cette pathologie, et ce, sans effets secondaires. *Diphasia klaineana* Pierre (Rutaceae) est un arbre haut de 16 m, distribué dans les sous-bois forestiers de la Côte d'Ivoire au Ghana. Les fleurs sont blanches, parfumées, et prisées par les abeilles, qui en font une source éventuelle de miel. Au Ghana, les brindilles sont mâchées comme un médicament de but non divulgué (http://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.up_wta.4_1138, 2018).

En Côte d'Ivoire, cette espèce est utilisée en bain de vapeur pour traiter traditionnellement la sinusite. Notre choix s'est porté sur les feuilles de cette plante dans le but de rechercher de nouvelles sources médicamenteuses à base d'huile essentielle dans le traitement de la sinusite. Ce travail se veut une étude phytochimique à application microbiologique.

Matériel et méthodes

1. Matériel

Matériel végétal : Les Il est constitué de feuilles de *Diphasia klaineana*, récoltées pendant la

floraison de la plante en décembre 2016 à Fengo ([6° 47' 07" N, 7° 23' 34" O](https://www.google.com/maps/place/6°47'07\)), une localité du Nord

(*) Correspondance : Boua Boua Benson ; e-mail : bouayao@yahoo.fr ; tel. : (+225) 01671832.

de la Côte d'Ivoire, et appartenant au département de Madinani ([9° 36' 37" N, 6° 57' 01" O](#)) dans la Région du Denguélé. La drogue a été identifiée au Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan). Un échantillon d'herbier a été déposé dans notre laboratoire. La drogue a été séchée dans une enceinte sous climatisation permanente à 18°C pendant 3 jours, puis soumise à une hydrodistillation fractionnée.

Matériel bactérien : La souche bactérienne *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 a été utilisée.

2.Méthodes :

Obtention des fractions de l'huile essentielle (HE) : Les fractions ont été procurées par hydrodistillation fractionnée de la drogue (1485,59 g) à l'aide d'un montage de type Clevenger, équipé d'un ballon contenant 2 L d'eau. Après 9 h d'extraction par intervalle de temps $t = 1$ h, les fractions F1, F3, F5, F7 et F9, respectivement obtenues à 1, 3, 5, 7 et 9 h, ont été choisies pour être étudiées.

Analyse par CPG-SM : Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un chromatographe Perkin Elmer auto system XL, doté d'un injecteur automatique et d'une colonne apolaire (Rtx-1) (60 m × 0,22 mm d.i. ; épaisseur du film 0,25 µm), couplé à un détecteur de masse Perkin Elmer TurboMass. Le gaz vecteur est l'hélium (1mL/mn), exerçant une pression en tête de colonne de 25 psi. La température de l'injecteur 250°C, celle du détecteur 280°C. La programmation de la température consiste en une élévation de 60° à 230 °C, à 2 °C/min, puis en un palier de 45 min à 230°C. L'injection se fait par mode split avec un rapport de division de 1/50. La quantité d'échantillon injectée est de 0,2 µL. La détection se fait par un analyseur à filtre quadripolaire. Les molécules sont bombardées par un faisceau électronique (70 eV). Les spectres de masse sont obtenus sur la gamme de masse 35-350 Da par impact électronique. La comparaison informatique du spectre d'un pic inconnu avec une ou plusieurs bibliothèques de référence, a permis son identification à condition que la similitude des spectres, inconnus et référence, soit suffisante et que les indices de rétention soient identiques dans des conditions opératoires comparables (Tranchant, 1982).

Test antibactérien :

- **Détermination des diamètres des zones d'inhibition** : Les diamètres des zones d'inhibition des différentes fractions de l'HE ont été déterminés par la méthode de Hayes et

Markovic (2002) à partir d'une culture de 24h (10^5 - 10^6 UFC/mL). L'ensemencement par inondation a été fait à partir de l'inoculum obtenu, en solubilisant une colonie de *Staphylococcus aureus* ATCC dans l'eau distillée stérile et la gélose. L'inoculum obtenu (1 mL) est coulé dans des boîtes de Pétri contenant l'agar de Mueller Hinton. L'excès de l'inoculum a été par la suite aspiré, et les boîtes ont été séchées dans une étuve (37 °C). Après 15 min de séchage, les puits ont été découpés à l'aide de pipettes pasteur (extrémité épaisse de 6 mm). Ensuite, chaque fraction d'HE (50 µL) et la gentamycine (50 mL) (témoin) ont été distribués dans chaque puits. Après diffusion, les cultures ont été incubées dans des étuves à 37 °C pendant 24 h. Les auréoles d'inhibition ont été mesurées par un pied à coulisse. L'activité est considérée nulle pour un diamètre de la zone d'inhibition inférieur ou égale à 8 mm ; faible pour un diamètre de la zone d'inhibition compris entre 8 et 14 mm, moyenne pour un diamètre de la zone d'inhibition compris entre 14 et 20 mm ; forte pour un diamètre de la zone d'inhibition supérieur ou égal à 20 mm.

- **Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)** : Un milieu constitué du bouillon Mueller Hinton stérile et d'une solution stérile de tween 80, a été réalisé afin d'obtenir dans le milieu, une répartition homogène des fractions d'HE, et d'augmenter au maximum leur miscibilité dans le milieu. Pour la détermination de la CMI, 10 tubes à essai ont été utilisés. Les huit premiers ont servi à préparer des gammes de concentrations (80 ; 40 ; 20 ; 10 ; 5 ; 2,5 ; 1,25 et 0,625 mg/mL) de chaque fraction d'HE ; les deux derniers contenant les témoins positif et négatif. Dans les tubes à essai contenant chaque fraction d'HE et le témoin positif, 10 µL de l'inoculum ont été introduits. Après 24h d'incubation des tubes à 37°C, la CMI correspondant à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'inhiber la croissance bactérienne après 18 à 24 h de contact, a été déterminée (Elodie, 2010).

- **Détermination de la concentration minimale bactéricide (CMB) par microdillution en milieu liquide** : Les gammes de concentrations utilisées pour la détermination de la CMI, ont servi pour mesurer la CMB. Des prélèvements ont été effectués dans le tube témoin et dans chacun des tubes sans culot bactérien, ensuite déposés « en strie » sur gélose MHA. Les boîtes ensemencées ont été incubées pendant 24 h à 37 °C (Elodie, 2010).

Résultats et discussions

Rendement d'extraction : Les fractions d'HE ont été procurées avec des rendements variant de 0,21 à 0,02 % (Figure 1). Ces résultats laissent penser que le genre *Diphasia* de la famille des

Rutaceae de Côte d'Ivoire procurerait moins d'HE que le genre *Citrus* de la même famille, originaire d'Algérie, dont les rendements en HE fluctuent entre 0,96 et 1,02 % (Hamdani, 2015).

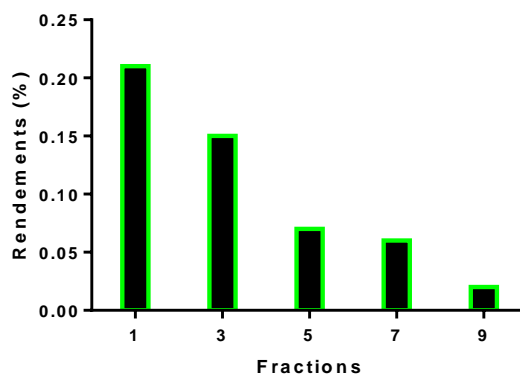


Figure 1. Courbes Rendements des différentes fractions d'HE extraites des feuilles de *Diphasia klaineana* F1=0,21% (obtenue à 1h) ; F3=0,15 (obtenue à 3h) ; F5=0,07% (obtenue à 5h) ; F7=0,06% (obtenue à 7h) ; F9=0,02% (obtenue à 9h).

Il en est de même pour les huiles du genre *Ruta* dont les rendements varient de 0,34% à 0,8% (Melle, 2013 ; Majdoub et al., 2014). Les facteurs biotiques et environnementaux semblent corroborer cette différence.

Profils chromatographiques CPG-MS des fractions d'HE : La composition chimique des fractions d'HE F1, F3, F5, F7 et F9 des feuilles de *Diphasia klaineana* est présentée dans le tableau I. Les profils chromatographiques CPG-MS ont mis en évidence les constituants de F1 (97,25%) ; de F3 (94,10 %), de F5 (88,56%) ; de F7 (86,53%) et de F9 (83,19%). Excepté l'absence de Δ -élémente, (E)-méthylisoeugénol, γ -muurolène et de γ -épiedesmol dans F1 ; de (E)-méthylisoeugénol dans F3 et du (E)-sabinène hydrate dans la fraction F9, 32 composés ont été identifiés dans chacune des fractions (Tableau I). Globalement, les teneurs en composés varient d'une fraction à une autre. Nous notons ainsi, la coprésence de 9 composés majoritaires (sabinène, myrcène, limonène, (Z)- β -ocimène, (E)- β -ocimène, terpinolène, linalol, β -élémol, guaiol) dans F1, au nombre desquels 3 composés s'y trouvent en proportion importante : Sabinène (45,40%), (E)- β -ocimène (11,20%), β -élémol (10,21%). Dans F3, 11 composés majoritaires ont été identifiés : sabinène (26,24%), myrcène (5,29%), limonène (4,25%), (Z)- β -ocimène (4,47%), (E)- β -ocimène (8,76%), terpinolène (1,40%), β -élémol (26,06%), guaiol (5,44%), terpinène-4-ol (1,25%), germacrène (1,40%), γ -eudesmol (1,35%). La fraction F5

présente une prédominance de 12 composés : sabinène (10,04%), myrcène (3,15%), limonène (2,27%), (Z)- β -ocimène (2,91%), (E)- β -ocimène (5,52%), γ -terpinène (1,18%), terpinène-4-ol (1,72%), (E)-caryophyllène (1,11%), germacrène (3,42%), β -élémol (38,55%), guaiol (9,05%), γ -eudesmol (2,71%). La fraction F7 de l'HE des feuilles de *D. klaineana* est majoritairement constituée de 12 composés : sabinène (2,93%), myrcène (1,58%), limonène (1,16%), (Z)- β -ocimène (1,50%), (E)- β -ocimène (2,65%), terpinène-4-ol (2,55%), (E)-caryophyllène (1,86%), α -humulène (1,51%), germacrène (5,06%), β -élémol (43,91%), guaiol (10,59%), γ -eudesmol (3,77%). Au regard des teneurs des composés consignées dans le tableau I, la fraction F9 renferme 10 composés dominants entre autres : (E)- β -ocimène (1,12%), terpinène-4-ol (1,15%), β -élémente (1,09%), (E)-caryophyllène (2,18%), α -humulène (1,66%), Δ -cadinène (1,07%), germacrène (5,42%), β -élémol (47,18%), guaiol (11,33%), γ -eudesmol (4,84%). L'extraction fractionnée de l'HE des feuilles de *D. klaineana*, a montré d'une part, une baisse manifeste des teneurs en certains composés, notamment en sabinène (Tableau I, Figure 2), et d'autre part, une augmentation en proportions d'autres constituants. C'est le cas de l'élémol (Tableau I, Figure 3). Sur le plan qualitatif, certaines molécules identifiées dans *Diphasia klaineana* ont été révélées dans les genres *Citrus* et *Zanthoxylum* de la même famille. C'est le cas des

α -Thujène, α -Pinène, β -Pinène, γ -Terpinène, Camphène, α -Phellandrène, Terpinolène, Linalol, Terpinen-4-ol, α -Terpinéol, α -Humulène, O-Cymene, Limonene, α -terpinene, Sabinene, Myrcène (Tiwary et al., 2007 ; Hamdani, 2015).

En revanche, les composés majoritaires diffèrent comme l'indiquent les travaux de Melle (2013). Cette différence pourrait s'expliquer par la variation des facteurs biotiques et environnementaux.

Tableau I : Composition chimique des fractions F1, F3, F5, F7, F9.

N°	Composé	IR APOL	IR POL	Teneur (%) des fractions				
				F1	F3	F5	F7	F9
1	α -thujène	922	1012	0,43	0,48	0,37	0,22	0,13
2	α -pinène	930	1010	0,96	1,04	0,73	0,40	0,23
3	camphène	943	1058	0,26	0,20	0,11	0,05	0,03
4	sabinène	965	1119	45,40	26,24	10,04	2,93	0,96
5	β -pinène	970	1107	0,74	0,59	0,33	0,16	0,08
6	myrcène	980	1155	6,40	5,29	3,15	1,58	0,79
7	α -phellandrène	994	1159	0,02	0,03	0,06	0,05	0,03
8	α -terpinène	1007	1174	0,38	0,57	0,69	0,41	0,18
9	p-cymène	1009	1265	0,31	0,51	0,32	0,45	0,44
10	limonène	1020	1195	5,92	4,25	2,27	1,16	0,60
11	(Z)- β -ocimène	1023	1227	5,23	4,47	2,91	1,50	0,67
12	(E)- β -ocimène	1036	1244	11,20	8,76	5,42	2,65	1,12
13	γ -terpinène	1047	1239	0,65	0,98	1,18	0,75	0,34
14	(E)-sabinène hydrate	1051	1457	0,22	0,19	0,06	0,02	-
15	terpinolène	1077	1276	1,70	1,40	0,98	0,53	0,24
16	linalol	1082	1540	1,16	0,35	0,23	0,21	0,08
17	allo ocimène	1115	1367	0,12	0,13	0,13	0,06	0,02
18	terpinen-4-ol	1159	1594	0,55	1,25	1,72	2,55	1,15
19	α -terpinéol	1170	1689	0,30	0,14	0,17	0,26	0,13
20	acétate de bornyle	1265	1571	0,14	0,13	0,11	0,10	0,11
21	Δ -élémente	1331	1461	-	0,00	0,09	0,10	0,13
22	23 acétate de neryle	1338	1718	0,10	0,15	0,14	0,13	0,09
23	acétate de geranyle	1357	1748	0,21	0,30	0,28	0,25	0,21
24	(E)-méthyl eugenol	1365	2005	0,44	0,28	0,27	0,31	0,26
25	α -copaène	1371	1481	0,05	0,06	0,10	0,18	0,22
26	β -élémente	1383	1579	0,14	0,29	0,59	0,95	1,09
27	(E)-caryophyllène	1412	1585	0,28	0,49	1,11	1,86	2,18
28	α -humulène	1445	1656	0,20	0,40	0,88	1,51	1,66
29	(E)-méthyl iso eugénol	1456	2162	-	-	0,17	0,17	0,16
30	γ -muurolène	1465	1675	-	0,07	0,12	0,22	0,29
31	germacrène	1470	1696	0,78	1,40	3,42	5,06	5,42
32	α -muurolène	1488	1711	0,04	0,12	0,18	0,28	0,29
33	Δ -cadinène	1509	1743	0,16	0,50	0,78	1,00	1,07
34	β -élémol	1530	2069	10,21	26,06	38,55	43,91	47,18
35	guaïol	1579	2076	2,18	5,44	9,05	10,59	11,33
36	γ -épi eudesmol	1602	2089	-	0,07	0,14	0,20	0,23
37	γ -eudesmol	1612	2154	0,26	1,31	2,71	3,77	4,84
Composés identifiés				97,25	94,10	88,56	86,53	83,19
Monoterpènes				79,60	54,81	28,56	12,84	5,84
Hydrocarbonés				3,39	3,08	3,28	4,06	2,21
Oxygénés				82,99	57,89	31,84	16,9	8,05
Monoterpènes totaux				82,99	57,89	31,84	16,9	8,05
Sesquiterpènes				1,65	3,33	7,27	11,16	12,35
Hydrocarbonés				12,65	32,88	50,45	58,47	63,58
Oxygénés				14,3	36,21	57,72	69,63	75,93
Sesquiterpènes totaux				14,3	36,21	57,72	69,63	75,93
Hydrocarbonés totaux				81,25	58,14	35,83	24,00	18,19
Oxygénés totaux				16,00	35,96	52,73	62,53	65,79

IR APOL : indice de rétention de la colonne apolaire ; IR POL : indice de rétention de la colonne polaire ; F1 : Fraction de la 1^{ère} heure ; F3 : Fraction de la 3^{ème} heure ; F5 : Fraction de la 5^{ème} heure ; F7 : Fraction de la 7^{ème} heure ; F9 : Fraction de la 9^{ème} heure.

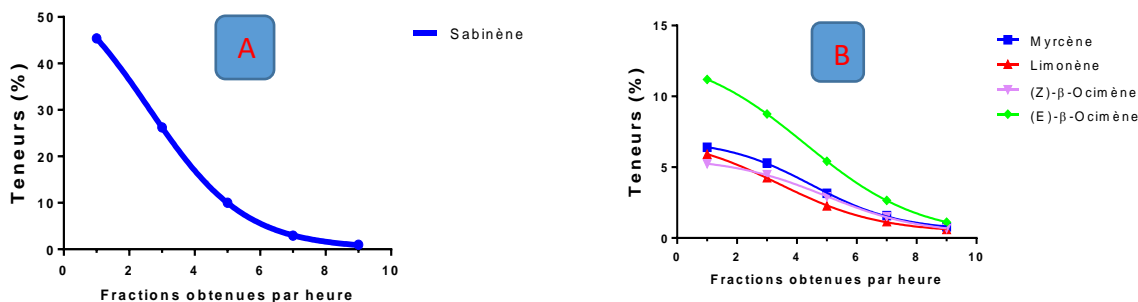


Figure 2 : Diminution de la teneur en composés au cours de l'extraction.

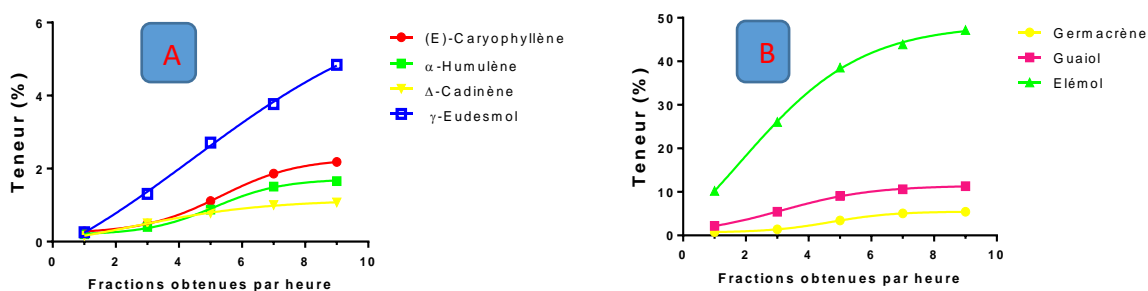


Figure 3 : Augmentation de la teneur en composés au cours de l'extraction.

Les hydrocarbonés représentent 81,25 ; 58,14 ; 35,83 ; 24,00 ; 18,19 % des constituants identifiés respectivement dans les fractions F1, F3, F5, F7 et F9. Leur teneur diminue au cours de l'extraction. Quant aux composés oxygénés, ils représentent 16,00 ; 35,96 ; 52,73 ; 62,53 ; 65,79 % des

constituants identifiés respectivement dans les fractions F1, F3, F5, F7, F9. Leur teneur augmente au cours de l'extraction. Les premières fractions (F1, F3, F5) sont riches en hydrocarbonés tandis que les dernières (F7, F9) sont plus riches en oxygénés (Figure 4).

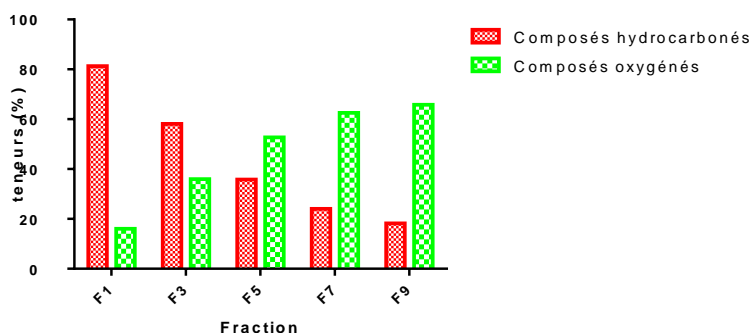


Figure 4 : Variation des teneurs en composés hydrocarbonés et oxygénés des fractions F1, F3, F5, F7, F9 au cours de l'extraction.

Cette Activité anti-sinusite in vitro des fractions d'HE : de L'activité anti-sinusite des feuilles de *D. klaineana* a été évaluée en soumettant ses fractions de l'HE extraite F1, F3, F5, F7, F9 à des tests antibactériens contre *Staphylococcus aureus*. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau II. Les fractions F1, F3 et F5 ont inhibé la croissance de *Staphylococcus aureus* avec des diamètres moyens des zones d'inhibition de 15 mm pour F1 et F3 et 17 mm pour F5, alors que les fractions F7 et F9 n'ont exhibé aucun effet sur la

croissance de cette souche (Tableau II). Les fractions F1, F3 et F5 ont donc servi pour la détermination des paramètres antibactériens CMI et CMB (Tableau III). Le rapport CMB/CMI a permis de préciser le mode d'action des fractions. En effet, selon Fauchere, (2002), si $CMB/CMI \leq 2$, l'antibiotique est dit bactéricide ; $CMB/CMI \geq 2$, l'antibiotique est dit bactériostatique. De ce point de vue, F1, F3 et F5 sont bactéricides. Toutefois, F3 et F5 ($CMI=1,25\text{mg/mL}$) se sont montrées plus efficaces que F1 ($CMI= 2,5 \text{ mg/mL}$) contre

Tableau II : Diamètre des zones d'inhibition des fractions de l'HE testées.

Fraction	F1	F3	F5	F7	F9
Diamètre d'inhibition (mm)	15	15	17	00	00

Tableau III : Paramètres de bactéricidie CMI, CMB, CMB/CMI.

Souche	Fraction	CMI (mg/mL)	CMB (mg/mL)	CMB/CMI	Interprétation
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	F1	2,5	5	2	bactéricide
	F3	1,25	2,5	2	bactéricide
	F5	1,25	2,5	2	bactéricide

Staphylococcus aureus du fait de leur faible CMI. Il est à croire que l'activité anti-sinusite de *D. klaineana* serait celles de F1, F3, et F5 combinées. Cette activité pourrait être attribuée aux monoterpènes hydrocarbonés eu égard à leur forte teneur dans F3 et F5 mais aussi à la

Conclusion

Dans le cadre de notre contribution à la valorisation des plantes médicinales de la flore de Côte d'Ivoire, l'huile essentielle extraite des feuilles de *Diphasia klaineana* Pierre (Rutaceae), a été étudiée pour la première fois tant sur le plan phytochimique que sur le plan microbiologique *in vitro*. Les résultats de l'analyse qualitative effectuée sur 5 fractions de l'huile essentielle (F1, F3, F5, F7, F9) procurées par hydrodistillation fractionnée des feuilles de la plante, a globalement mis en évidence 37 constituants parmi lesquels des monoterpènes hydrocarbonés (79,6 % ; 54,81 % ; 28,56 % ; 12,84 % ; 5,85 %) et oxygénés (3,39 % ; 3,08 % ; 3,28 % ; 4,06 % ; 2,21 %) ; et des sesquiterpènes hydrocarbonés (1,65 % ;

coprésence de certaines molécules telles que l' α -pinène, le terpinène, le sabinène connus pour leur activité antibactérienne contre les *Staphylococcus aureus* (Dorman et Deans, 2000 ; Ghanmi et al., 2007 ; Cao et al., 2009 ; Elodie, 2010 ; Jordán et al., 2013).

3,33 % ; 7,27 % ; 11,16 % ; 12,35 %) et oxygénés (12,65 % ; 33,88 % ; 50,45 % ; 58,47 % ; 63,58 %) dont les structures ont été établies par CPG-MS. Les tests antibactériens *in vitro* effectués avec les fractions F1, F3, F5, F7, F9 et ce, en vue d'évaluer l'activité anti-sinusite des feuilles de *D. klaineana*, ont révélé une activité bactéricide contre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Ce qui semble accréditer, l'usage en bain de vapeur des feuilles de cette plante dans le traitement traditionnel de la sinusite en Côte d'Ivoire. Au demeurant, le présent travail est porteur d'espoir, et laisse entrevoir des perspectives de recherche scientifique à concrétiser profondément.

References

- Belcaid A., 2011.** Les complications des sinusites (à propos de 80 cas). Thèse de doctorat. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah faculté de médecine et de pharmacie, Fès, 154 p.
- Cao L., Yong Si J., Liu Y., Sun H., Jin W., Li Z., Hong Z. X., Le Pan R., 2009.** Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of *Mosla chinensis* (Maxim). Food Chem., 115: 805-3801.
- Dorman H.J.D., Deans S.G., 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. J. Appl. Microbiol., 88: 308-316.
- Elodie G., 2010.** Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action. Thèse, Université de Corse-Pasquale Paoli, France, 143p.
- activity and in vitro cytotoxicity. Food Chem Toxicol. 40: 535-543.
- Jordan M.J., Lax V., Rota M.C., Sotomayor J.A., 2013.** Effect of bioclimatic area on the essential oil composition and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L. Food Control, 30 (2): 463-468.
- Kroa E., Yohou K.S., Morokant M.I., Soko Y.N., Memain S.D, Konan Y., Tetchi E.O, Toure L., Koulai D.J.J.O, Bini K., Aka J., Kouassi D., 2015.** Déterminants de la guérison de la
- Fauchere J.L., 2002.** Bactériologie Générale et Médicale, Editions Ellipses : Paris, 365p.
- Ghanmi M., Satrani B., Chaouch A., Aafi A., El Abib A., Ismaili M.R., Farah A., 2007.** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébenthine du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du Maroc. Acta Bot. Gallica, 154 (2): 293- 300.
- Hamdani F.Z., 2015.** Déterminisme moléculaire de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites à partir des feuilles d'agrumes. Thèse, l'Université Hassiba Ben Bouali de Chlef, Algérie, 144p.
- Hayes A.J., Markovic B., 2002.** Toxicity of australian essential oil *Backhousia citriodora* (Lemon myrtle). Part 1. Antimicrobial sinusite par le médicament traditionnel amélioré à base de plantes : cas du GP20. Cah. Santé Publique, 14 (1): 36-44.
- Majdoub O., Dhen N., Souguir S., Haouas D., Baouandi M., Laarif A., Chaieb I., 2014.** Chemical composition of *Ruta chalepensis* essential oils and their insecticidal activity against *Tribolium castaneum*. Tunisian Journal of Plant Protection, 9(1): 83-90.
- Melle A.K., 2013.** Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de

l'aneth (*Anethum graveolens* L.), de la sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la rue des montagnes (*Ruta montana* L.). Thèse, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Hrarch, Alger, 119p.

Nahim M., 2011. Les communications bucco-sinusiennes et leurs traitements : actualisation des connaissances. Thèse, Université Henri Poincaré Nancy I, France, 230p.

Otmani N., 2010. Les complications orbitaires des sinusites (A propos de 16 cas). Thèse, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fes, 133p.

Papon J.F., 2009. Sinusite. AKOS (Traité de Médecine) [6-0460] : 5156.

Stewart M., Ferguson B, Fromer L., 2010. Epidemiology and burden of nasal congestion. *Int J Gen Med.* 8(3): 37-45.

Tiwary M., Naik S.N., Dhananjay K.T., Mittal P.K., Yadav S., 2007. Chemical composition and larvicidal activities of the essential oil of *Zanthoxylum armatum* DC (Rutaceae) against three mosquito vectors. *J Vect Borne Dis,* 44: 198-204.

Tranchant J., 1982. Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse. Masson et Cie, Paris, 504p.

(http://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.upwta.4_1138, consulté le 01/03/2018).