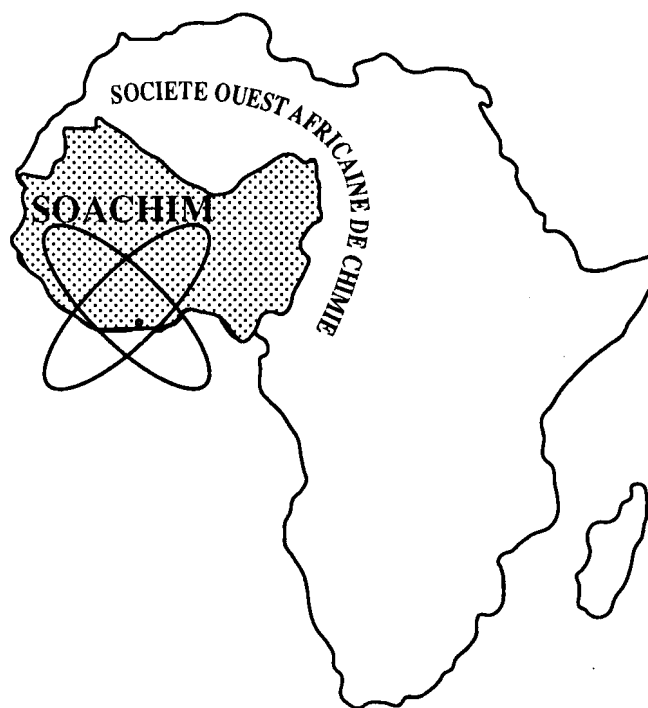


Variabilités physiques et chimiques de l'huile essentielle de Hyptis suaveolens collectées dans cinq régions de Côte d'Ivoire.

**Philatryho Atché, Kouwelton Patrick Franck Olivier Koné,
Ferdinand Sibiri Sanou, Evelyne Tanoh, Yaya Soro,
Zanahi Félix Tonzibo.**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie
J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2024), 053 : 14 - 28
29^{ème} Année, 2024



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2

Cote INIST (CNRS France) : <27680>

Site Web: <http://www.soachim.org>

<http://www.soachim.info>

Variabilités physiques et chimiques de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* collectées dans cinq régions de Côte d'Ivoire

Philatryho Atché¹, Kouwelton Patrick Franck Olivier Koné^{1*}, Ferdinand Sibiri Sanou¹, Evelyne Tanoh², Yaya Soro¹, Zanahi Félix Tonzibo².

¹Laboratoire des Procédés Industriels de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Chimie Organique et de Substances Naturelles (LCOSEN), UFR-SSMT, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

(Reçu le 18/09/2024– Accepté après corrections le 18/11/2024)

Résumé : La variabilité physique et chimique d'une plante, qu'elle vienne de différents continents ou de différentes localités, influence ses potentiels biologiques. Cette étude vise à évaluer cette variabilité dans les huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* provenant de cinq localités du centre de la Côte d'Ivoire. Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation, avec des rendements allant de 0,10 à 0,21 %. L'étude de la variabilité physique et chimique a révélé que les huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* sont dominées par la famille des sesquiterpènes hydrocarbonés avec quatre (4) chémotypes à Sabinène / Eucalyptol / β -caryophyllène, Sabinène / Bicyclogermacrène / β -caryophyllène, β -caryophyllène / 8,13-abietadiène et Fenchol / β -caryophyllène et respectivement à BOUAFLE, TOUMODI, DIMBOKRO, TIEBISSOU et YAKRO. L'analyse en composantes principales et la classification hiérarchique ascendante ont révélé que les huiles essentielles *Hyptis suaveolens* peuvent être classées en quatre classes. Ces résultats mettent en évidence l'influence des facteurs édaphiques tels que la nature des sols sur la variabilité physico-chimique de ces huiles essentielles. Cette étude laisse entrevoir des applications dans les domaines de l'industrie alimentaire, cosmétique et pharmaceutique pour contribuer à la valorisation de cette plante aromatique.

Mots clés : Huiles essentielles, variabilité, *Hyptis suaveolens*, composition physico-chimique

Physical and chemical variabilities of essential oils from the leaves of *Hyptis suaveolens* collected in five regions of Côte d'Ivoire.

Abstract: The physical and chemical variabilities of a plant, whether from different continents or diverse localities, significantly influences its biological potential. This study assesses this variability in the essential oils of *Hyptis suaveolens* leaves from five locations in central Côte d'Ivoire. The oils were obtained by hydrodistillation, with yields ranging from 0.10% to 0.21%. Analysis revealed that *Hyptis suaveolens* essential oils are dominated by hydrocarbon sesquiterpenes, with four chemotypes: Sabinene/Eucalyptol/ β -caryophyllene, Sabinene/Bicyclogermacrene/ β -caryophyllene, β -caryophyllene/8,13-abietadiene, and Fenchol/ β -caryophyllene, corresponding to Bouaflé, Toumodi, Dimbokro, Tiébissou, and Yakro, respectively. Principal component and hierarchical cluster analyses classified these essential oils into four distinct groups. These findings underscore the influence of edaphic factors, such as soil composition, on their physicochemical variability. This study suggests potential applications in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries, contributing to the valorization of this aromatic plant.

Keywords: Essential oils, variability, *Hyptis suaveolens*, physicochemical composition

* Corresponding author; E-mail: kouwelton.kone1@inphb.ci ; Tel: (00225) 07 09 18 99 78

1. Introduction

La flore africaine, et en particulier celle de la Côte d'Ivoire, est composée d'une grande diversité de plantes possédant des biomolécules qui sont utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses pathologies ^[1]. Les plantes aromatiques qu'elle regorge sont largement utilisées par les praticiens de la médecine traditionnelle pour leurs propriétés pharmacologiques ^[2]. Elles possèdent un atout économique considérable depuis la découverte de plusieurs domaines d'intérêt, notamment la médecine traditionnelle ^[3], dans l'industrie du parfum ainsi que dans les domaines pharmaceutiques, culinaires et alimentaires ^[4]. En effet, leur huile essentielle possède de nombreuses propriétés telles que anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, bactéricides, antitoxiques, insecticides et insectifuges, tonifiantes, stimulantes, calmantes et antioxydantes ^[5, 6]. Ainsi, le renforcement de la recherche, encouragé par l'OMS, pour une meilleure connaissance de la composition chimique ainsi que des propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles des plantes aromatiques s'impose pour tirer profit de leurs opportunités ^[7]. A cet effet, ce travail a été réalisé pour caractériser les huiles essentielles de cette plante aromatique de la flore ivoirienne, *Hyptis suaveolens*, une plante sudorifique, fébrifuge, antispasmodique, galactogène, insecticide ^[8, 9, 10], antifongique et antibactérienne ^[11].

L'huile essentielle de cette plante, selon les études menées par Ngom et al. (2014) ^[12] au Sénégal est principalement constituée de β - caryophyllène (16,63%), Sabinène (11,30%), terpinolène (8,58%) et limonène (8,45%). Cependant, Chatri et al. ^[13] montrent que les constituants les plus abondants en Indonésie sont le β - Caryophyllène (34,65%), le Germacrène-D (10,32%), l' α -bergamotène (6,56%), le Rimuène (6,46%) et l' α -copène (5,94%).

Malgré le grand potentiel thérapeutique et nutritionnel significatif de cette plante aromatique, elle est menacée de disparition à cause de sa récolte abusive et des feux de brousse. En Côte d'Ivoire, des études ont été effectuées sur l'impact des conditions agro-écologiques, la composition chimique et les propriétés biologiques des feuilles de *Hyptis suaveolens*, cultivées dans différentes zones écologiques du centre du pays ^[14, 15, 16]. Pour compléter ces études, nous nous sommes intéressés à l'huile essentielle des feuilles de cette plante aromatique, avec comme objectif général d'étudier la variabilité chimique et physique de son huile

essentielle récoltée dans diverses localités de la Côte d'Ivoire.

Compte tenu de la grande variabilité de la composition de cette huile essentielle, il est nécessaire de regrouper les localités en utilisant des méthodes statistiques telles que l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification hiérarchique ascendante (HAC) afin d'interpréter les données sur un espace réduit ^[17, 18]. Par conséquent, la cette étude vise à l'identification les relations possibles entre les variables pour analyser la variabilité et les corrélations entre les paramètres physiques, chimiques et les composés chimiques majeurs.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Les feuilles fraîches de *Hyptis suaveolens* ont été récoltées en août 2019 pendant la saison des pluies dans cinq villes du centre de la Côte d'Ivoire : Yamoussoukro (6°53'40"N 5°13'31"W), Tiébissou (7°08 '18"N 5°13'36"W), Bouaflé (6°53'49"N 5°44'36"W), Toumodi (6°30'36"N 5°06'50"W) et Dimbokro (6°47'41"N 4°44'52"O). Après identification botanique, le matériel végétal récolté a été lavé à l'eau courante et séché au laboratoire à température ambiante (27 ± 2 °C), à l'abri de la lumière directe du soleil, pendant quatre jours ^[19, 20].

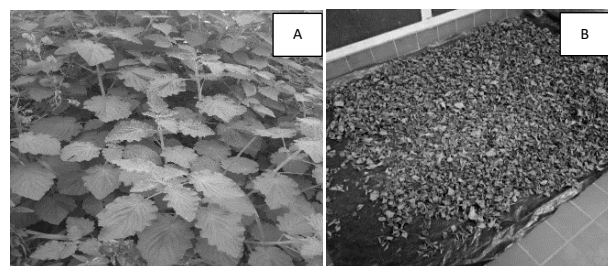


Figure 1 : Feuilles fraîches (A) et sèches de *Hyptis suaveolens* (B)

2.2. Extraction d'huile essentielle

L'huile essentielle a été produite dans la même période par hydrodistillation de feuilles séchées à l'aide d'un appareil de distillation de type Clevenger selon la méthode décrite par Goly et al. ^[19]. En effet, 500 g de feuilles séchées ont été introduits dans un autocuiseur contenant de l'eau distillée. Le mélange a été bouilli à l'aide d'une enveloppe chauffante. La vapeur d'eau chargée d'huile essentielle était condensée dans le serpentin du Clevenger, à l'aide d'un flux d'eau. Quatre heures après l'apparition de la première goutte du distillat, l'huile essentielle a été séparée de l'eau et séchée sur sulfate de magnésium anhydre (Merck, Allemagne). Les huiles collectées ont ensuite été stockées à 4°C, à l'abri de la lumière

dans un flacon opaque scellé. Chaque extraction a été réalisée trois fois et le rendement en huile essentielle a été déterminé par le rapport de la masse de l'huile extraite et de la masse des feuilles traitées selon la formule : $R (\%) = 100 \times m/M$; R = rendement (%) ; M = masse des feuilles séchées (g) et m = masse de l'huile essentielle après 4 heures de distillation (g).

2.3. Caractéristiques physiques et chimiques

2.3.1 Indice d'acide

L'indice d'acide (UICPA 2.201 ou ISO 660) est la masse d'hydroxyde de potassium en milligramme (mg) nécessaire pour neutraliser l'acide libre (acide gras libre) contenue dans 1g de corps gras. Il permet de déterminer le taux d'acides gras libres présents dans l'huile. Il est exprimé en milligrammes de KOH par gramme d'huile. Dans le cas de l'HE, l'indice d'acide (I_a) détermine sa susceptibilité à subir des altérations telles que l'oxydation.

Dans un erlenmeyer, 0,4 g d'huile est dissout dans 10 mL d'un mélange d'isobutanol et d'éthanol (1/1 : volume/volume). Après ajout de 10 mL de potasse alcoolique, le mélange est agité. L'excès de potasse alcoolique est dosé en présence de phénolphtaléine par une solution d'acide chlorhydrique de normalité à 0,1N jusqu'à décoloration. Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions avec une pipette de 1mL graduée 0,01 mL près. L'indice d'acide (I_a) calculé par les formules des relations (1) ^[21].

$$I_a = \frac{56,1 \times N \times V}{m} \quad (1)$$

Avec :

V : le volume de la solution d'acide chlorhydrique versée pour la prise d'essai ;

N : la normalité en meq.g/ mL de la solution l'acide chlorhydrique ;

m : la masse en gramme de la prise d'essai ;

56,1 et 282 : les masses molaires (en g/mol) respectives de la potasse et de l'acide oléique.

2.3.2 Indice d'iode

L'indice d'iode (NF 660, UICPA 2.205, ISO 3961) est la masse de diiode, exprimée en gramme (g) pouvant se fixer par addition sur les doubles liaisons de 100 g de corps gras ^[22]. Cet indice est exprimé en grammes de diiode par cent grammes d'huile et caractérise l'insaturation du corps gras.

Dans un erlenmeyer, 0,5 g d'huile est dissout dans 20 mL de tétrachlorure de carbone puis 25 mL de réactif de Wijs sont ajoutés. L'erlenmeyer est bouché, agité lentement et laissé à l'obscurité pendant une heure. Après le retrait, 20 mL d'iodure de potassium et 150

mL d'eau distillée y sont ajoutés. Le diiode (I_2) libéré est titré par la solution de thiosulfate de sodium de normalité 0,3 N. De l'empois d'amidon y est ajouté vers la fin du dosage. Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions avec 15,1 mL de solution de thiosulfate de sodium. L'indice d'iode est donné par la formule de la relation (2) ^[23].

$$I_i = \frac{12,69 \times C \times (V' - V)}{m} \quad (2)$$

Dans cette formule :

- V'est le volume en millilitre (mL) de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour l'essai à blanc ;
- V est le volume en millilitre (mL) de la solution de thiosulfate de sodium utilisée pour la prise d'essai ;
- C est la concentration en mol/L de la solution de thiosulfate de sodium utilisée ;
- m est la masse en gramme de la prise d'essai et 12,69 est le dixième de la masse molaire de l'iode.

2.3.3 Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde (NE 1-2-50, UICPA 2.501 ou AOCS Cd 8b-90 (97) ou ISO 3961) mesure le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenu dans un gramme de produit capable d'oxyder l'iodure de potassium avec libération d'iode. En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés entrant dans la composition des corps gras, s'oxydent en donnant des peroxydes. Ce phénomène a lieu lors d'un long stockage des corps gras. La détermination de la quantité des peroxydes d'un corps gras montre son degré d'altération par oxydation.

Il est lié au degré de rancidité des matières grasses (MG) après une exposition à l'air. Il existe pour cet indice une valeur limite de référence qui est de 10 mEq O₂/Kg. En dessous de cette valeur, l'huile présenterait un faible niveau d'oxydation.

Dans un erlenmeyer, 0,7 g d'huile est ajouté à 10 mL de chloroforme puis l'ensemble est agité rapidement. Après ajout de 15 mL d'acide acétique et de 1 mL de la solution d'iodure de potassium, la solution obtenue est bouchée, agitée pendant une minute et placée à l'obscurité pendant 5 minutes. Un volume de 15 mL d'eau est ajouté et le mélange est titré sous agitation vigoureuse par la solution de thiosulfate de sodium de normalité 0,01 N en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré. Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions avec 0,05 mL de solution de thiosulfate de sodium. L'indice de peroxyde (I_p) donné par la formule de la relation (3) ^[21].

$$I_p = \frac{1000 \times C \times (V - V')}{m} \quad (3)$$

Dans cette formule :

- V et V' sont les volumes respectifs de la prise d'essai et de l'essai à blanc ;
- m est la masse de la prise d'essai ;
- C'est concentration (mol/L) de la solution de thiosulfate de sodium.

2.3.4 Indice de réfraction

L'indice de réfraction (n) (UICPA 2.102 ou ISO 6320) d'un milieu transparent est défini par le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide (C) et la vitesse dans ce milieu (v_1). Sa détermination peut servir à identifier un liquide organique et contrôler sa pureté.

Les prismes du réfractomètre sont lavés à l'eau distillée et essuyés avec un papier Buvarid puis 2 à 3 gouttes d'huile sont versées entre les prismes. La lunette de visée est déplacée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de la plage sombre se situe à la croisée des fils du réticule. La lecture de l'indice de réfraction et celle du taux de sucres totaux de l'huile sont faites à $T^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$. Il est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de type ABBE.

2.3.5 Indice de saponification

L'indice de saponification (NF T 60-220, UICPA 2.202 ou ISO 3657) est la masse d'hydroxyde de potassium, exprimée en milligramme (mg), nécessaire pour neutraliser l'acide libre (acide gras libre) et pour saponifier les esters dans 1g de lipide. Il permet d'évaluer la quantité d'acides gras présent dans la matière grasse pour la savonnerie.

Dans un erlenmeyer contenant 2 g d'huile, sont ajoutés 25 mL de la solution de potasse alcoolique. Le mélange est porté à reflux pendant une heure. La solution savonneuse obtenue est titrée à chaud avec la solution d'acide chlorhydrique de normalité 0,5 N en présence de phénolphthaléine. Un essai à blanc est réalisé parallèlement avec 9,55 mL de solution d'acide chlorhydrique. L'indice de saponification (I_s) est donné par la formule de la relation (4) ^[21].

$$I_s = \frac{56,1 \times C \times (V_0 - V)}{m} \quad (4)$$

Avec :

- C la concentration en mol/L de la solution d'acide chlorhydrique utilisée ;
- m la masse en gramme de la prise d'essai ;
- V_0 et V les volumes en millilitre (mL) respectifs des solutions d'acide

chlorhydrique versées pour l'essai à blanc et pour la prise d'essai ;

- 56,1 la masse molaire en g/mol de la potasse alcoolique.

2.3.6 Indice d'ester

L'indice d'ester (I_e) est un indicateur qui témoigne de la qualité de l'HE. Cette mesure est importante pour caractériser la composition chimique des HE et comprendre ses propriétés aromatiques. En effet, plus une HE renferme un bon pourcentage d'ester plus elle est de bonne qualité. L'indice d'ester a été calculé à partir de la formule de la relation (5) suivante :

$$I_e = \frac{56,1 \times C \times (V_0 - V)}{m} \quad I_a \quad (5)$$

2.3.7 Potentiel hydrogène

Le potentiel hydrogène ou pH mesure l'activité chimique des ions hydrogène H^+ en solution. Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. Cette méthode décrit l'acidité ionique du produit à analyser, son principe consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans le produit après le réglage de la température d'étalonnage. La lecture se fait directement sur le pH-mètre. Ainsi, les huiles essentielles extraites ont été caractérisées par leur pH.

2.3.8 Erreur relative sur les paramètres

L'erreur relative est un paramètre qui permet de dire si deux valeurs sont statistiquement similaires ou différentes ; elle est calculée selon la formule de la relation (6) ^[24].

$$ER = \frac{|val 1 - val 2|}{Max(val 1; val 2)} \quad (6)$$

Avec val 1 la valeur pour le niveau haut et Val 2 pour le niveau bas. Si ER est strictement supérieure à 5% (0,05) alors les valeurs sont statistiquement différentes, sinon elles sont similaires.

2.4 Chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse

Un système Perkin Elmer Clarus 680 GC couplé à un détecteur MSD 600C a été utilisé lors des analyses GC-MS. La colonne capillaire en silice fondue Rtx-5MS (Restek Co., Bellefonte, PA, USA) (30 m de longueur x 0,25 mm de diamètre intérieur x 0,25 μm d'épaisseur de film) a été utilisée, avec de l'hélium comme gaz vecteur (1 ml/min). Un L d'une solution d'huile essentielle dans l'hexane a été injecté en mode

splitless avec un rapport de 1:50. La température a été programmée de 50°C (5 min) à 250°C (8,33 min), à une vitesse de 3°C/min pendant 80 minutes (temps total d'analyse). Le détecteur sélectif de masse fonctionnait avec une énergie d'ionisation de 70 eV et une vitesse de balayage de 200 balayages/min sur une plage de masse de balayage de 50 à 450 unités de masse atomique. Les températures de la source et de l'injecteur ont été fixées à 200°C et 250°C, respectivement. Les composants individuels ont été identifiés sur la base de leurs indices de rétention sur une colonne capillaire Rtx-5MS dans les mêmes conditions opératoires utilisées pour GC-MSD, en utilisant une série de n-alcanes C7-C30 et ont été comparés à ceux rapportés dans la littérature [20]. Les structures ont été appariées par ordinateur avec des bibliothèques spectrales (Wiley 7, NIST 08 et FFNSC 1.2). Des identifications ont également été faites par référence à des composés étalons authentiques analysés dans les mêmes conditions que les huiles essentielles, lorsqu'elles étaient disponibles dans le commerce.

2.5 Analyses statistiques

Les résultats des analyses de la composition chimique des huiles essentielles ont été traités par analyse en composantes principales (ACP) et classification hiérarchique ascendante (HAC) [20]. La combinaison de ces deux méthodes permet de connaître les différences ou les similitudes des huiles essentielles récoltées dans les différentes localités, afin de mettre en évidence une éventuelle variabilité de leurs compositions chimiques et d'identifier pour chacun des sites, la zone de récolte correspondant à la teneur maximale en composés d'intérêt pharmacologique, puis de mettre en évidence des spécificités intra et inter-espèces. Elle a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT version 2016.

3. Résultats et discussion

3.1 Résultats

3.1.1 Rendement et densité des huiles essentielles

L'hydrodistillation de feuilles de *Hyptis suaveolens* provenant de différentes localités a donné des huiles essentielles de couleur verdâtre caractérisées par une odeur intense. Les rendements moyens en huile essentielle des cinq (5) localités sont présentés à la **Figure 2**.

3.1.2 Caractéristiques physiques et chimiques

Les densités moyennes des échantillons l'huile essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités étudiées sont présentées dans la **figure 3**.

L'indice de réfraction dépend, comme la densité, de la composition chimique de l'huile et de la température. Il croît avec l'insaturation ou avec la présence sur les chaînes grasses de fonctions secondaires. L'indice de réfraction des échantillons sont présentés dans la **figure 4**.

La **figure 5** présente les résultats du potentiel hydrogène des échantillons de l'HE des cinq localités. L'indice d'acide indique le comportement et la quantité d'acides gras libres présente dans l'huile. Il peut renseigner sur la susceptibilité de l'huile à subir des altérations, notamment l'oxydation.

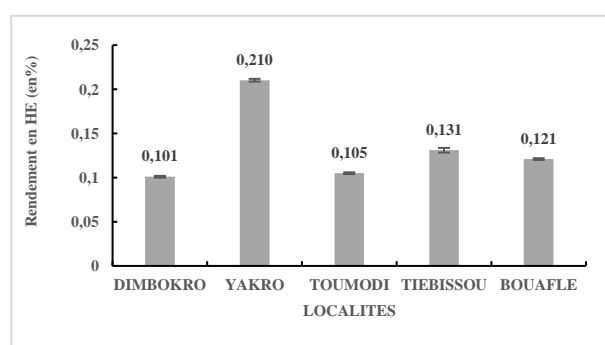


Figure 2 : Rendement et densité de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* de cinq (5) localités ivoiriennes

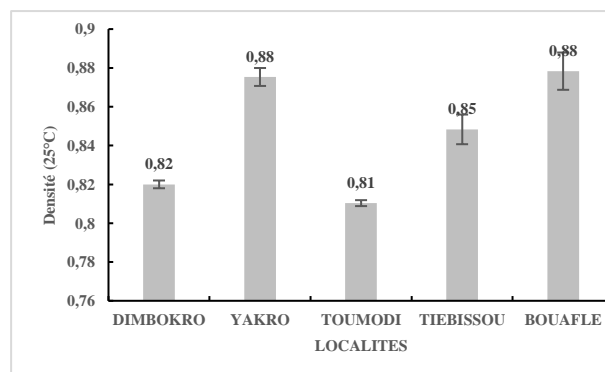


Figure 3 : Densités moyennes de l'huile essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

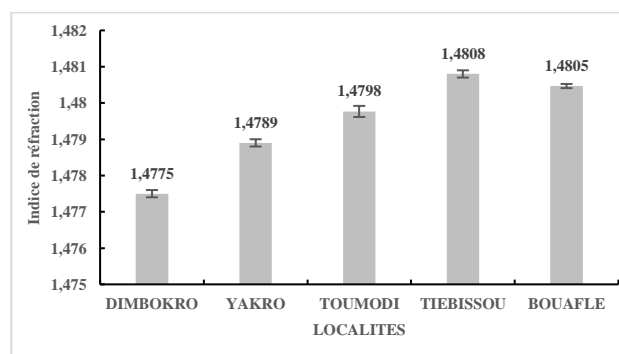


Figure 4 : Indices de réfraction de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

La **figure 6** présente les valeurs des indices d'acide (I_a) de l'huile essentielle de feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités.

L'indice d'iode est un paramètre chimique qui nous renseigne sur l'insaturation globale de l'huile. La **figure 7** présente les valeurs des indices d'iode (I_i) de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités.

L'indice de peroxydes un paramètre très utile pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative. Il permet d'évaluer la teneur d'acides libres et autres produits d'autooxydation. La **figure 8** donne les indices de peroxydes (I_p) de l'huile essentielle de feuilles *Hyptis suaveolens* des cinq localités.

L'indice d'ester donne des renseignements sur la richesse de l'huile en acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans l'huile. Il traduit la qualité de l'huile par sa proportionnalité à la valeur élevée en esters. La **figure 9** présente les valeurs de l'indice d'ester (I_e) de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités.

L'indice de saponification nous renseigne sur la richesse de l'huile en acides gras à chaînes longues pour un poids donné de triglycérides. La quantité de potasse nécessaire à la saponification augmente donc avec la diminution de la longueur de chaîne des acides gras. La **figure 10** traduit la variation des indices de saponification (I_s) de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités.

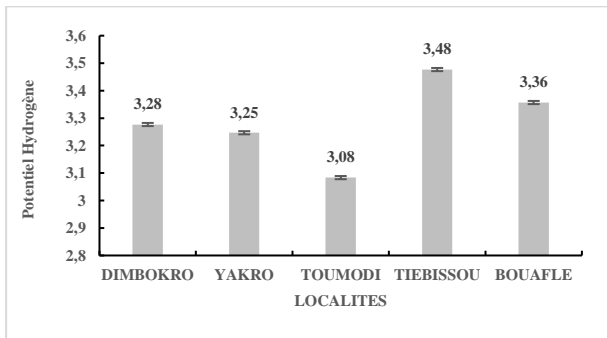


Figure 5 : Potentiel hydrogène de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

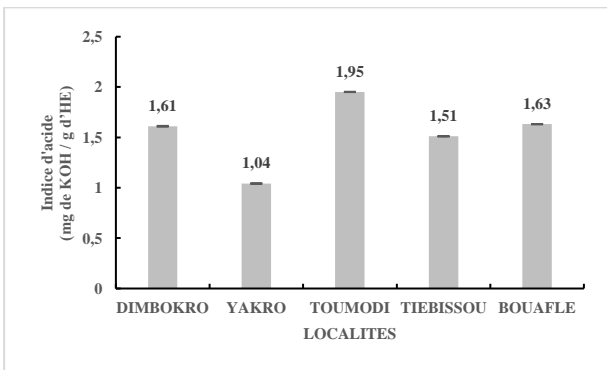


Figure 6 : Indices d'acide de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des cinq localités

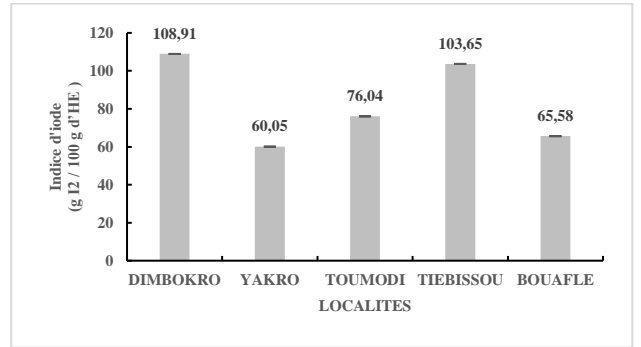


Figure 7 : Indices d'iode de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

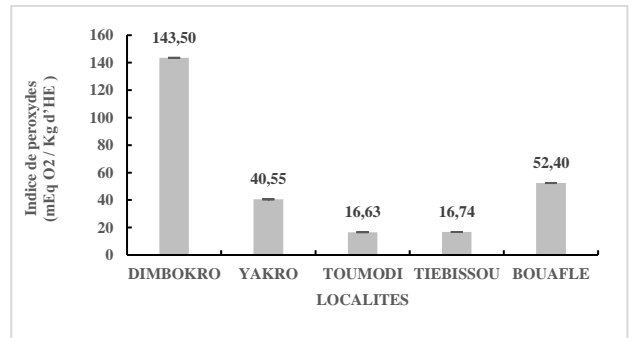


Figure 8 : Indices de peroxydes de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

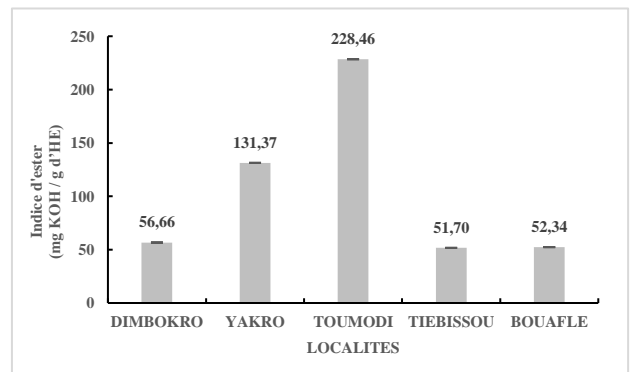


Figure 9 : Indices d'ester de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

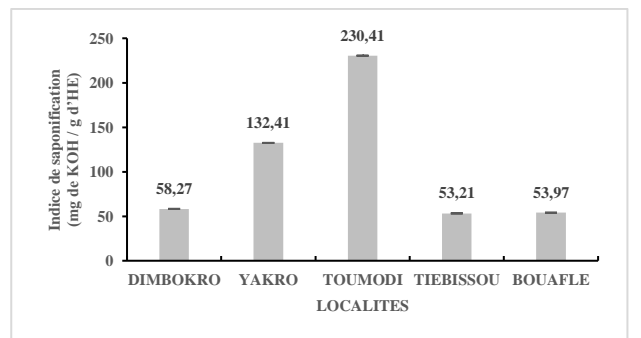


Figure 10 : Indices de saponification de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* en fonction des localités

3.1.3 Erreurs relatives sur les paramètres

Les tableaux d'erreurs relatives des paramètres physico-chimiques de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* fournissent une mesure de précision essentielle pour évaluer la fiabilité des résultats. Ils permettent également de comparer efficacement les variations entre les échantillons, assurant ainsi la robustesse des conclusions de cette étude. Ainsi, si la valeur est inférieure ou égale à 5%, il n'y a pas de différence statistique entre les deux données comparées ; sinon il y a une différence, et elle est d'autant plus importante qu'elle se rapproche de 100%.

Tableau I : Erreurs relatives sur les rendements moyens de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	51,90%	3,81%	22,90%	16,53%
Yakro	51,90%	0,00%	50,00%	37,62%	42,38%
Toumodi	3,81%	50,00%	0,00%	19,85%	13,22%
Tiebissou	22,90%	37,62%	19,85%	0,00%	7,63%
Bouafle	16,53%	42,38%	13,22%	7,63%	0,00%

Tableau II : Erreurs relatives sur les densités moyennes de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	6,82%	1,22%	3,53%	6,82%
Yakro	6,82%	0,00%	7,95%	3,41%	0,00%
Toumodi	1,22%	7,95%	0,00%	4,71%	7,95%
Tiebissou	3,53%	3,41%	4,71%	0,00%	3,41%
Bouafle	6,82%	0,00%	7,95%	3,41%	0,00%

Tableau III : Erreurs relatives sur les indices de réfraction de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	0,09%	0,16%	0,22%	0,20%
Yakro	0,09%	0,00%	0,06%	0,13%	0,11%
Toumodi	0,16%	0,06%	0,00%	0,07%	0,05%
Tiebissou	0,22%	0,13%	0,07%	0,00%	0,02%
Bouafle	0,20%	0,11%	0,05%	0,02%	0,00%

Tableau IV : Erreurs relatives sur les potentiels hydrogène de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	0,91%	6,10%	5,75%	2,38%
Yakro	0,91%	0,00%	5,23%	6,61%	3,27%
Toumodi	6,10%	5,23%	0,00%	11,49%	8,33%
Tiebissou	5,75%	6,61%	11,49%	0,00%	3,45%
Bouafle	2,38%	3,27%	8,33%	3,45%	0,00%

Tableau V : Erreurs relatives sur les Indices d'acide de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	35,40%	17,44%	6,21%	1,23%
Yakro	35,40%	0,00%	46,67%	31,13%	36,20%
Toumodi	17,44%	46,67%	0,00%	22,56%	16,41%
Tiebissou	6,21%	31,13%	22,56%	0,00%	7,36%
Bouafle	1,23%	36,20%	16,41%	7,36%	0,00%

Tableau VI : Erreurs relatives sur les Indices d'ester de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	56,87%	75,20%	8,75%	7,62%
Yakro	56,87%	0,00%	42,50%	60,65%	60,16%
Toumodi	75,20%	42,50%	0,00%	77,37%	77,09%
Tiebissou	8,75%	60,65%	77,37%	0,00%	1,22%
Bouafle	7,62%	60,16%	77,09%	1,22%	0,00%

Tableau VII : Erreurs relatives sur les Indices d'iode de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	44,86%	30,18%	4,83%	39,79%
Yakro	44,86%	0,00%	21,03%	42,06%	8,43%
Toumodi	30,18%	21,03%	0,00%	26,64%	13,76%
Tiebissou	4,83%	42,06%	26,64%	0,00%	36,73%
Bouafle	39,79%	8,43%	13,76%	36,73%	0,00%

Tableau VIII : Erreurs relatives sur les Indices de peroxydes de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	71,74%	88,41%	88,33%	63,48%
Yakro	71,74%	0,00%	58,99%	58,72%	22,61%
Toumodi	88,41%	58,99%	0,00%	0,66%	68,26%
Tiebissou	88,33%	58,72%	0,66%	0,00%	68,05%
Bouafle	63,48%	22,61%	68,26%	68,05%	0,00%

Tableau IX : Erreurs relatives sur les Indices de saponification de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	Dimbokro	Yakro	Toumodi	Tiebissou	Bouafle
Dimbokro	0,00%	55,99%	74,71%	8,68%	7,38%
Yakro	55,99%	0,00%	42,53%	59,81%	59,24%
Toumodi	74,71%	42,53%	0,00%	76,91%	76,58%
Tiebissou	8,68%	59,81%	76,91%	0,00%	1,41%
Bouafle	7,38%	59,24%	76,58%	1,41%	0,00%

3.1.3 Composition chimique des huiles essentielles

Les compositions chimiques des huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités sont données dans le tableau X.

3.2. Discussion

3.2.1 Rendement et caractéristique physico-chimique

Les rendements moyens en HE varient en fonction des localités. Le plus faible rendement ($0,101 \pm 0,001$ %) est obtenu pour la localité de DIMBOKRO et le rendement le plus élevé ($0,210 \pm 0,001$ %) provient de la localité de YAKRO (figure 2).

Tableau X : Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

	HUILES ESSENTIELLES						
	KI theo	KI exp	LYK (%)	LTS (%)	LBF (%)	LTD (%)	LDK (%)
(E)-3-Hexèn-1-ol,	837	836	-	-	-	0,1	-
α -thujène	925	929	-	0,1	0,4	0,1	0,2
α -pinène	932	937	1,9	0,6	1,9	1,4	1
Camphène	945	946	0,2	-	-	-	-
1-Octen-3-ol	964	964	0,9	0,2	0,7	0,5	0,6
Sabinène	968	968	7,9	6,5	15,2	10,2	10,8
β -pinène	972	973	1,6	1,9	3,7	4,2	2,4
3-Octanol	981	984	-	-	0,1	-	0,1
β -myrcène	983	983	-	0,2	0,3	0,6	0,4
α -phellandrène	998	998	2,4	0,2	2,7	0,2	0,4
3-Carène	1006	1006	0,1	0,1	-	0,2	-
α -terpinène	1010	1010	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2
<i>p</i> -cymène	1013	1014	1,7	0,3	1,3	0,5	1,4
Eucalyptol	1022	1022	7,8	8,9	22,4	22,9	9
β -ocimène	1036	1037	0,1	-	-	-	-
γ -terpinène	1051	1052	0,8	0,2	0,6	0,3	0,8
hydrate de Sabinène	1055	1056	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4
Fenchone	1070	1096	0,7	-	-	0,1	-
β , β -diméthylstyrène	1075	1075	-	-	-	0,2	-
α -terpinolène	1081	1082	1,9	2,1	0,4	3,9	0,8
Linalool	1085	1086	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5
Fenchol ou (1,3,3-triméthyl-2-norbornanol)	1101	1105	26,8	0,2	-	-	-
<i>cis-p</i> -pent-2-ène-1-ol	1109	1111	-	0,1	0,1	-	0,3
Camphre	1123	1123	-	-	-	-	0,1
<i>trans-p</i> -ment-2-ène-1-ol	1125	1120	-	-	0,1	0,1	-
δ -terpinéol	1149	1150	-	-	-	-	0,1
Rosefuran époxide	1153	1156	-	-	-	-	0,2
Camphol	1158	1156	-	-	-	-	0,1
<i>p</i> -cymèn-8-ol	1162	1163	0,2	0,2	-	0,5	0,1
Terpinén-4-ol	1164	1164	0,9	0,6	1,6	1,2	1
α -terpinéol	1174	1175	0,2	-	0,1	0,1	1
β -Citral	1215	1218	-	-	-	0,1	0,3
<i>cis</i> -3,3-diméthylcyclohexylideneethanal	1218	1226	-	0,1	-	-	-
Géraniol	1236	1237	-	-	0,2	-	0,6
α -citral	1243	1245	-	-	0,1	0,2	0,6
<i>cis</i> -3-hexenyl angélate	1301	1282	-	-	-	0,1	-
Thymol	1267	1270	-	-	0,1	-	-
α -Cubébène	1352	1352	-	0,1	0,5	0,1	0,1
β -cubébène	1381	1381	0,1	0,9	3,6	0,8	0,7
β -bourbonène	1389	1387	-	0,4	0,3	0,4	1,2
β -élémente	1391	1392	0,2	0,6	0,9	0,4	0,8
α -gurjunène	1416	1411	-	-	-	-	0,1
β-Caryophyllène	1417	1423	14,9	18,5	17,2	14,1	15,6
β -copaène	1433	1434	-	0,2	0,1	0,2	0,3
α -bergamotène	1436	1437	2,1	5,1	0,9	2,8	1,2
α -guaïène	1440	1441	-	0,1	0,1	0,1	0,2

Aromandendrène	1445	1447	0,1	0,2	-	0,1	0,3
(E)- β -famésène	1448	1448	0,1	0,4	0,2	0,3	0,3
α -Humulène	1457	1456	0,9	1,4	1,4	0,9	1,5
9-épi- β -caryophyllène	1465	1465	-	0,2	-	0,2	0,5
Valencène	1476	1480	-	0,3	-	0,2	0,4
Germacrène D	1483	1482	0,4	4,2	2,9	3,7	6,5
β -eudesmène	1489	1487	0,7	1,1	1,5	0,4	1,1
γ -amorphène	1493	1494	-	0,2	0,3	0,1	0,2
Bicyclgermacrène	1498	1496	2,3	6	3	5,4	11,3
α -bulnésène	1505	1507	-	0,1	0,1	-	-
Spathuléol	1571	1573	1,6	3	0,7	2,2	5,3
β -bisabolène	1503	1500	-	-	-	-	0,3
γ -cadinène	1512	1513	-	0,2	0,2	0,1	0,2
Calaménène	1515	1515	-	-	0,1	-	0,1
δ -cadinène	1519	1520	-	0,4	0,9	0,4	0,4
Cubénène	1530	1530	-	-	0,1	-	-
α -bisabolène	1535	1516	-	-	-	-	0,4
E-nérolidol	1549	1549	-	0,2	0,2	0,1	0,1
Oxyde de Caryophyllène	1578	1578	1,1	1,1	0,9	0,7	1,3
Epicubénol	1622	1622	-	-	0,1	-	-
Globulol	1582	1582	-	0,1	-	0,2	0,2
Viridiflorol	1590	1590	-	0,1	-	0,1	0,2
Humulène époxyde II	1602	1599	-	0,1	-	0,1	0,1
Néointermedéol	1608	1602	0,1	0,2	0,2	-	0,2
Isospathuléol	1628	1628	0,1	0,2	-	0,2	0,4
τ -Cadinol	1632	1634	0,2	0,2	0,4	0,1	0,7
Intermedéol	1646	1645	0,2	0,5	0,7	0,2	0,7
α -bisabolol	1671	1673	-	-	-	-	0,1
α -trans-Bergamoténol	1686	1700	0,7	1,2	2,5	0,4	0,2
8,15-isopimaradiène	1923	1947	-	0,3	-	0,1	0,2
Oxyde de Manoylé	1999	1996	0,1	0,3	-	0,1	0,2
8,13-Abiétadiène	2019	2036	5,1	15,8	0,7	8,3	2,4
8,11,13-Abiétatriène	2049	2043	2,2	6,2	0,3	3,4	1,4
Levopimaradiène	2069	2040	0,1	0,4	-	0,2	-
7,13-Abiétadiène	2089	2072	0,6	1,5	0,5	0,7	0,4
Néoabietadiène	2154	2157	-	0,1	-	-	-
Palustrinol	2316	2179	-	0,2	-	0,2	-
Total composés identifiés (%)			90,6	86,7	90,1	95,9	90,6

KI sur colonne capillaire Rtx-5ms KI theo : indice de rétention théorique de Kovats ; KI Cal : indice de rétention de Kovats calculé à partir de l'indice de rétention expérimental.

LYK : LOCALITE YAKRO ; LTD : LOCALITE TOUMODI ; LBF : LOCALITE BOUAFLE ; LDK : LOCALITE DIMBOKRO ; LTS : LOCALITE TIEBISSOU

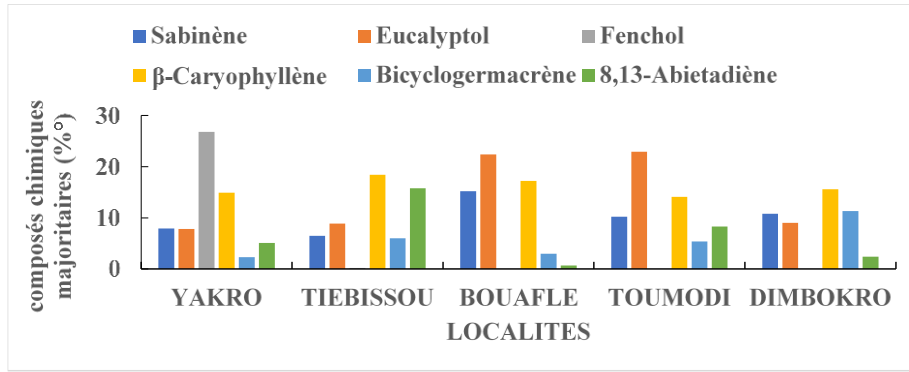


Figure 9 : Répartition des composés chimiques majoritaires de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités étudiées

Classification Ascendante Hiérarchique des différentes localités en fonction des composés majoritaires et des paramètres des échantillons de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens*

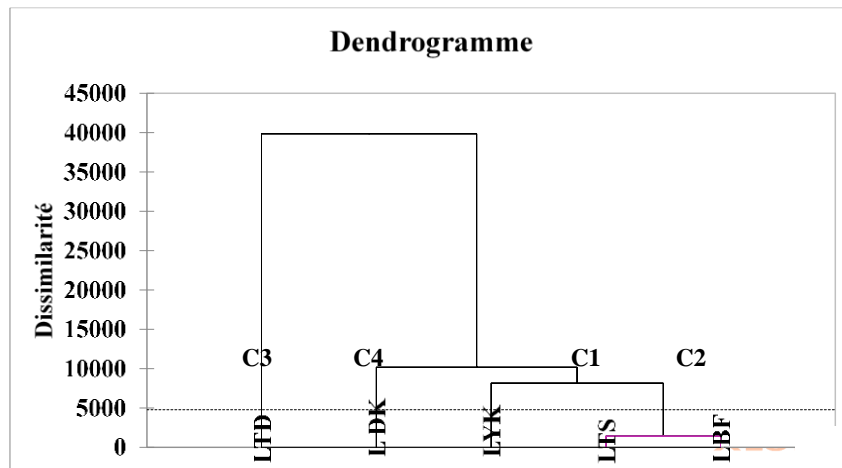


Figure 10 : Dendrogramme de corrélation des différentes localités en fonction de la composition chimique, des paramètres physiques et chimiques

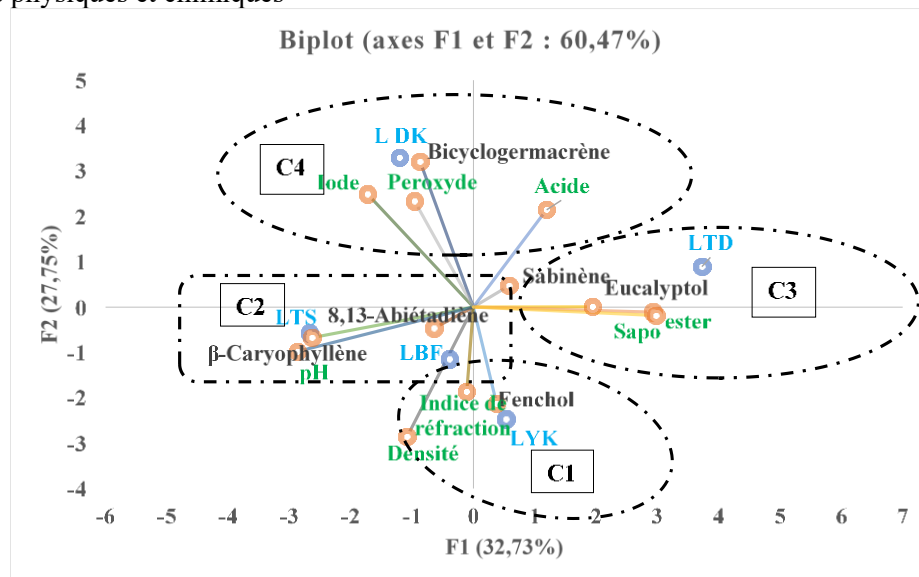


Figure 12 : ACP des différentes localités en fonction composés chimiques et des paramètres physiques et chimiques

Les résultats du tableau I montrent principalement des similarités moyennes entre la plupart des HE des localités, avec quelques similarités fortes entre les HE des localités de DIMBOKRO et TOUMODI (3,81%) et une différence claire avec celles des localités de TIEBISSOU et BOUAFLE (7,61%). Les valeurs des rendements de l'HE des cinq localités sont inférieures à celle obtenue par Goly *et al.* [19] qui est de 0,34 %. Toutefois, celui de la localité de YAKRO est similaire à celui déterminé par Ngom *et al.* [25] au Sénégal (Dakar). Cependant, les rendements moyens de l'HE des localités étudiées sont nettement supérieurs à ceux obtenus par Tonzibo *et al.* [26] dans les localités de M'Batto et Jacquville avec des valeurs de 0,04 % et de 0,08 % respectivement. Selon plusieurs auteurs, la zone de récolte du matériel végétal, la période de récolte, l'organe de la plante, la durée de séchage et la méthode d'extraction sont des facteurs qui peuvent avoir un impact direct sur les rendements en huile essentielle [27]. Les densités de l'HE de *Hyptis suaveolens* varient de $0,810 \pm 0,001$ à $0,880 \pm 0,004$, toutes inférieures à 1. L'huile essentielle de la localité de Toumodi est la plus légère alors que celles de YAKRO et BOUAFLE sont les plus denses (figure 3). Les résultats du tableau II montrent que les HE des localités de DIMBOKRO présente une forte similarité sur ce paramètre avec celles des localités de TOUMODI (1,22%), TIEBISSOU (3,53%) et une similarité moyenne avec celles de BOUAFLE (6,82%) et YAKRO (6,82%). Toutefois, les valeurs de densité obtenues pour ces deux dernières sont pratiquement identiques à celles obtenues par Kanko *et al.* [28] pour les feuilles récoltées à TOUMODI avec une densité de $0,880 \pm 0,009$. Les densités obtenues pour les cinq localités sont inférieures à celle de la norme (0,88) [29]. Ces faibles valeurs pourraient traduire la présence de composés à chaînes plus courtes, comparativement aux huiles d'amande de mangue *Assaboni* (0,95) [21]. En outre, cette variabilité de la densité pourrait être due aux conditions édaphiques [30]. Les valeurs des indices de réfraction sont comprises entre $1,4775 \pm 0,0005$ et $1,4808 \pm 0,0006$ (figure 4). Elles sont quasiment similaires, indiquant une absence de l'influence de la zone de récolte (tableau III). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celles obtenues par Noudogbessi *et al.* [31] (1,4735) au Bénin et N'gom *et al.* [12] (1,4034) au Sénégal. En comparant les indices obtenus à ceux d'autres espèces végétales, nous constatons qu'ils sont inférieurs à ceux de l'huile essentielle des graines de fenouil (1,5330) et de persil (1,508) [23]. Toutefois, ces valeurs sont proches de celles des normes AFNOR (2000) [29], compris entre 1,4830 et 1,4890. Bien que leurs indices de réfraction soient faibles,

ces caractéristiques suggèrent une faible dispersion de la lumière, ce qui pourrait les rendre propices à une utilisation avantageuse dans l'industrie des produits cosmétiques [28].

Le potentiel hydrogène de l'HE varie de $3,08 \pm 0,01$ pour la localité de TOUMODI à $3,48 \pm 0,01$ pour celle de TIEBISSOU. Les HE étudiées sont acides comme la plupart des HE et présente des similarités fortes et moyennes, avec quelques différences claires observées entre les paires des localités. Aucune différence très prononcée n'est observée entre ces localités (tableau IV). Ces résultats mettent en évidence l'influence limitée des localités de récolte sur ce paramètre. En outre, ces essences ont des valeurs de pH plus faibles que celles de l'huile essentielle de graines de Coriandre (4,54-4,23) et des graines de persil (5,39) obtenus par Ouis [23]. L'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* dans un milieu de vie de microbes pourrait donc modifier le pH du milieu et agir en conséquence sur la croissance microbienne. Cette acidité pourrait expliquer son activité antimicrobienne car la quasi-totalité des microorganismes vivent à des pH neutres (ou proches de 7) [17].

Les indices d'acide (Ia) des feuilles de *Hyptis suaveolens* récoltées dans les cinq localités sont inférieures à 2 mg KOH/g et varient de $1,040 \pm 0,002$ pour la localité de YAKRO à $1,950 \pm 0,001$ mg de KOH / g d'HE pour la localité de TOUMODI (figure 6). Les huiles essentielles des localités montrent principalement à partir du tableau V des différences claires, avec une similarité forte entre celles de DIMBOKRO et BOUAFLE (1,23%). Cependant, fort est de constater une différence très prononcée notable entre les huiles essentielles des localités de YAKRO et TOUMODI (46,60%). En outre, Les valeurs de l'indice d'acide obtenues sont plus élevées que celles obtenues par Noudogbessi *et al.* [31] dont les valeurs sont comprises entre 0,805 et 0,871 mg de KOH / g de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens* récoltées au Bénin. Toutes les valeurs de l'indice d'acide sont inférieures à 4 mg de KOH / g d'HE selon la norme *Codex Alimentarius* (4 mg KOH/g), d'où la bonne conservation de l'essence (faible quantité d'acides libres) [28]. Ces huiles essentielles pourraient donc être utilisées dans le domaine médicale.

Les indices d'ester (Ie) de l'HE des localités étudiées varient de $51,70 \pm 0,02$ mg KOH / g d'HE pour la localité de TIEBISSOU à $228,46 \pm 0,001$ mg KOH / g d'HE pour la localité de TOUMODI (figure 7). Les résultats du tableau VI montrent que les indices d'ester varient significativement entre les HE des

localités avec des différences très prononcées observées principalement entre celles de la localité de TOUMODI et les localités de DIMBOKRO (75,20%), TIEBISSOU (77,37%), BOUAFLE (77,05%), tandis que celles de TIEBISSOU et BOUAFLE ont une forte similarité (1,22%). Ces résultats mettent en évidence l'influence des localités de récolte sur ce paramètre. L'indice d'ester a été caractérisé pour la première fois dans l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*, ce qui ne nous a pas permis de comparer nos résultats à ceux de la littérature. Toutefois, Ces valeurs sont plus élevées que celles de l'huile essentielles des graines de fenouil (23,57 mg KOH / g d'HE) et de persil (13,04 mg KOH / g d'HE) rapportées par Ouis [23]. Les valeurs élevées de l'indice d'ester de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens* des localités de TOUMODI et YAKRO traduisent leur bonne qualité due à une quantité appréciable d'acides gras libre [32]. Par conséquent, des précautions de pré-raffinage et de conditionnement doivent être prises afin de limiter une dénaturation ultérieure qui conduirait à une décoloration de l'huile.

Les valeurs de l'indice d'iode de l'HE extraite des feuilles *Hyptis suaveolens* récoltées dans les cinq localités varient de $60,050 \pm 0,004$ à $108,910 \pm 0,002$ g I₂ /100 g pour les localités de YAKRO et DIMBOKRO respectivement (figure 8). Les valeurs inscrites dans le tableau VII montrent que l'indice d'iode des HE varient de manière significative entre les localités avec des différences claires entre la plupart des paires de localités. Les seules similarités fortes et moyennes observées sont entre les localités de DIMBOKRO et TIEBISSOU (4,83%), YAKRO et BOUAFLE (8,43%) respectivement. Ces résultats mettent ainsi en évidence l'influence des localités de récolte sur l'indice d'iode. L'indice d'iode a été caractérisé pour la première fois dans l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*, ce qui ne nous a pas permis de comparer nos résultats à ceux de la littérature. Toutefois, Les valeurs de nos échantillons sont plus élevées que celles de l'huile essentielle des graines de coriandre (70,22 g I₂ /100 g) et de persil (1,27 g I₂ /100 g) rapportées par Ouis [23]. Les indices d'iode (Ii) des huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités étudiées sont inférieurs à 180 g I₂ /100 g, ce qui indique une faible teneur en composés polyinsaturés. En plus, tous les indices d'iode sont inférieurs à 110 g I₂ / 100 g ce qui signifie que les HE des cinq localités sont non siccatives [33].

Les valeurs de l'indice de peroxydes de l'HE extraite des feuilles de *Hyptis suaveolens* récoltées des cinq localités varient de $16,630 \pm 0,001$ à $143,50 \pm 0,02$ mEq O₂ / Kg d'HE pour les localités respectives de

TOUMODI et DIMBOKRO (figure 9). L'huile essentielle à fort degré de rancidité des matières grasses est donc celle des feuilles récoltées des localités de DIMBOKRO. Cependant, celle extraite des feuilles récoltées à TOUMODI présente un faible niveau d'oxydation. Les résultats du tableau VIII montrent que les HE des localités de TOUMODI et TIEBISSOU possèdent une très forte similarité (0,66%) sur ce paramètre, tandis que la localité de DIMBOKRO montre une différence très significative avec les localités de TOUMODI (88,41%), BOUAFLE (63,48%), TIEBISSOU (88,33%) et YAKRO (71,74%). L'indice de peroxydes a été caractérisé pour la première fois dans l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*, ce qui ne nous a pas permis de comparer nos résultats à ceux de la littérature. La valeur de l'indice de peroxydes des échantillons trouvée permet de conclure que nos huiles essentielles ont été conservées avec précautions contre les effets de la lumière qui est susceptible de donner lieu à un certain nombre de réactions photochimiques [17]. Toutefois, les indices de peroxydes de l'huile des feuilles de *Hyptis suaveolens* des localités de TOUMODI et TIEBISSOU sont inférieurs à la limite établie par la norme commerciale du Conseil Oléicole International pour les huiles vierges extra (supérieure à 20 mEq O₂ / Kg d'HE).

L'indice de saponification de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Hyptis suaveolens* varie de $53,210 \pm 0,006$ à $230,410 \pm 0,001$ mg de KOH / g d'HE pour les localités de TIEBISSOU et TOUMODI respectivement (figure 10). Les essences des différentes localités montrent des niveaux de similarités (tableau IX). Les HE des localités de TIEBISSOU et BOUAFLE forment un groupe avec une forte similarité mutuelle (1,41%) sur ce paramètre, avec des différences notables entre celles de TOUMODI et les localités DIMBOKRO (74,71%), TIEBISSOU (76,91%), BOUAFLE (76,58%). Ces résultats mettent ainsi en évidence l'influence des localités de récolte sur l'indice de saponification. L'indice de saponification a été caractérisé pour la première fois dans l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens*, ce qui ne nous a pas permis de comparer nos résultats à ceux de la littérature. Toutefois, ces valeurs de nos échantillons sont plus élevées que celles de l'huile essentielle des graines de fenouil (28,05) et de persil (18,65) rapportées par Ouis [23]. Ces résultats montrent que l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq localités est plus riche en molécules à longues chaînes d'acides gras que celle des graines de fenouil et de persil. De plus, les indices de

saponification sont dans le même ordre que les indices d'ester contrairement aux travaux de Couilbaly ^[17] sur l'huile essentielle des feuilles de *Cymbopogon citratus* L. Cependant, l'huile essentielle extraite des feuilles récoltées dans les localités de TOUMODI et de YAKRO ont les valeurs élevées de l'indice de saponification qui sont supérieurs à l'indice moyen de saponification (109 mg de KOH / g d'HE) indiquant que l'HE pourrait constituer une bonne matière première pour l'industrie du savon ^[34].

3.2.2 Composition chimiques et classification Ascendante Hiérarchique des différentes localités en fonction des composés majoritaires et des paramètres physiques et chimiques

Les résultats des profils chimiques des échantillons de l'huile essentielle provenant de YAKRO, BOUAFLE et TIEBISSOU sont proches et ceux provenant de TOUMODI et DIMBOKRO sont également proches. Six (6) des composés majoritaires (dont le pourcentage est supérieur ou égale à 10%) représentent entre 86,7 à 95,90% des composés sur l'ensemble des échantillons de l'HE des différentes localités ont été identifiés. Ils sont donc représentatifs des échantillons de l'HE des différentes localités. Ce sont : le Sabinène, l'Eucalyptol, le Fenchol, le β -caryophyllène, le Bicyclogermacrène et le 8,13-Abiétadiène. L'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* est dominée par la famille des sesquiterpéniques hydrocarbonés. Cette étude a révélé la présence de diterpènes et de triterpènes hydrocarbonés caractérisée par le 8,13-Abiétadiène et le 8,11,3-Abiétatriène dont le second n'a pas été encore décrit. De même, elle a aussi permis de relever quatre (4) chémotypes à à Sabinène / Eucalyptol / β -caryophyllène, Sabinène / Bicyclogermacrène / β -caryophyllène, β -caryophyllène / 8,13-abiétadiène et Fenchol / β -caryophyllène et respectivement à BOUAFLE, TOUMODI, DIMBOKRO, TIEBISSOU et YAKRO.

L'étude statistique en ACP sur les deux premiers axes factoriels, ainsi que la dispersion des paramètres physiques et chimiques ainsi que de la composition de l'HE des feuilles de *Hyptis suaveolens* dans le plan formé par ces deux axes permet d'expliquer 60,47% de l'inertie totale, dont 32,73% sur le premier axe et 27,75% sur le second axe. Ces deux axes sont donc suffisants pour traduire la globalité de l'information. Il ressort de la CAH des différentes localités en fonction des composés chimiques et des paramètres physiques et chimiques de l'HE de

feuilles de *Hyptis suaveolens* présente quatre classes ou groupes séparées selon les indices de dissimilarité. L'ACP met en évidence la présence de quatre classes de composés chimiques dans l'ensemble de nos échantillons avec des corrélations très proches dans la classe G1 entre le Fenchol et l'indice de réfraction et la densité. Cela signifierait que ce composé a une grande influence sur ces deux paramètres. Dans la classe C2, le β -caryophyllène et le 8,13-Abiétadiène auraient plus d'influence sur le potentiel hydrogène alors que dans la classe C3, le Sabinène et Eucalyptol auraient une plus grande influence sur les indices d'ester et de saponification. En outre, dans la classe C4, le Bicyclogermacrène aurait une plus grande influence sur les indices d'iode et de peroxyde. Les résultats menés par Ahmad *et al.* ^[35] ont montré l'influence de la nature d'un composé d'une matrice sur son indice d'iode.

4. Conclusion

L'étude de la variabilité physique et chimiques des huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* des cinq villes du centre de la Côte d'Ivoire a révélé une variabilité physique et chimique des huiles essentielles. En général, les hydrocarbures sesquiterpéniques suivis des monoterpènes oxygénés étaient les principales familles de ces huiles essentielles. Bien que cette étude montre une homogénéité des composés chimiques, il est à noter que l'analyse en composantes principales et la classification hiérarchique ascendante ont révélé que ces huiles essentielles peuvent être classées en quatre classes ou chémotypes marquées par un nouveau chémotype au Fenchol. Ces résultats mettent en évidence pour la première fois par la caractérisation des indices de peroxydes, d'iode, d'ester et de saponification, que les huiles essentielles des feuilles de *Hyptis suaveolens* présentent des propriétés intéressantes pouvant conduire à la réalisation de formulations cosmétiques. De ce fait, la valorisation des essences de cette espèce végétale serait un enjeu majeur dans le cadre la gestion des ressources végétales. Dans l'ensemble, les paramètres physiques et chimiques des échantillons de l'huile essentielle des feuilles de *Hyptis suaveolens* sont relativement conformes aux normes du Codex Alimentarius, ce qui ouvre la voie à des usages potentiels dans l'industrie alimentaire en tant qu'arôme naturel, dans les formulations cosmétiques pour leurs propriétés hydratantes et anti-inflammatoires, ainsi que dans le secteur pharmaceutique pour le développement de produits antiseptiques et anti-infectieux.

INTÉRÊTS CONCURRENTS

Les auteurs déclarent ne pas avoir d'intérêts concurrents.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Nous déclarons que ce travail a été réalisé par les auteurs nommés dans cet article et que toutes les responsabilités relatives aux réclamations relatives au contenu de cet article seront supportées par les auteurs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Mr Amani N'GUESSAN, botaniste de l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), pour sa contribution à l'identification botanique de *Hyptis suaveolens*.

5. Références

- [1] Soro Y., Kassi A.B.B., Bamba F., Siaka S., Toure S.A., Coustard J.M., Flavonoids and gallic acid from leaves of Santaloides afzelii (connaraceae). *Rasayan, Journal of Chemistry* 2012., 5(3): 332-337
- [2] Tchoumboungang F., Jazet Dongmo P. M., Lambert Sameza M., Nkouaya Mbanjo E.G., Tiako Fotso G.B., Amvam Zollo P.H. et Chantal Menut, Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, volume 13 (2009) numéro 1 : 77- 84, <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=3547>.
- [3] Muthu C., Ayyanar M. Raja, N. & Ignacimuthu S., Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, *India. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2006, 2:43 DOI:10.1186/1746-4269-2-43.
- [4] Balisa : « Caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques : *Hyptis Spicigera*, *Pluchea Ovalis* et *Laggera Aurita* » DES 2002, 1-5, 9-10, 13 pages.
- [5] Bourkhiss M., Hnach M. Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. *Agrosolutions* 2009, Volume 20(1), 44-48.
- [6] Camara B., Dick E., Sako A., Koné D., Kanko C., Boye M-A., Aké S., Anno A., Lutte biologique contre *Deightoniella torulosa* (Syd.) Ellis, par l'application des huiles essentielles d'*Ecalyptus platyphylla* F. Muell. et de *Melaleuca quinquenervia* L. *Phytothérapie* 2010, 8: 240-244.
- [7] OMS, Médecine traditionnelle, Soixante-deuxième Assemblée mondiale de la Santé, Genève, 18-22 mai 2009. Résolutions et décisions, annexes. Genève in WHA62/2009/REC/1. 2009, OMS: Hong-Kong.
- [8] Amusan, A.S., A.B. Idowu and A.S. Arowolo, Comparative toxicity effect of bush tea leaves (*Hyptis suaveolens*) and orange peel (*Citrus sinensis*) oil extract

on larvae of the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. *Tanzanian Health Res. B.* 2005, 7: 174-178..

[9] Chitra S., Patil M.B., and Kumar R., WoundHealing, Activity of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (*Lamiaceae*), *International Journal of Pharma Sciences and Research* 2009, 1: 737-744

[10] Chukwujekwu J.C., J. Van Steden and P. Smith, Antiplasmodial diterpenoid from the leaves of *Hyptis suaveolens*. *South Africa Journal of Botany* 2005, 71: 316-325.

[11] Goly K.R.C., Dadie A., Soro Y., Kouame N.D., Kassi A.B.B. and Djé M., Antimicrobial and Preservative Activities of *Lippia Multiflora* Essential Oil on Smoked Mackerel (*Scomber Scombrus*) Fish - *Archives of Clinical Microbiology* 2017, 8(1:33), 1-5. DOI: 10.4172/1989-

[12] Ngom Saliou, Moussoukhoye DIOP, Mbaye MBENGUE, Fatou FAYE, Jean Michel KORNPROBST et Abdoulaye SAMB., Composition chimique et propriétés antibactériennes des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et d'*Hyptis suaveolens* (L.) Poit récoltés dans la région de Dakar au Sénégal. *Afrique Science* 2014, 10(4), 109 – 117.

[13] Chatri M., Baktir A., Mansyurdin, Adnadi P., Chemical components of Essential Oil of the leaves of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. from Indonesia, *American Journal of Research Communication* 2014, 2(10): 30-38.

[14] Azevedo, N.R., Campos I.F.P., Ferreira H.D., Portes T.A., Santos S.C., Seraphin J.C., Paula J.R. and Ferri P.H. Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Phytochemistry* 2001, 57 : 733-736. [doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00128-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00128-5)

[15] Abena A.A., Diatwa M., Gakosso G., Gbeassor M., Hondi-Assah T., Ouamba J.M., Analgesic, antipyretic, and anti-inflammatory effects of essential oil of *Lippia multiflora*. *Fitoterapia, National Library of Medicine* 2003, 74 (3): 231-236. DOI:10.1016/s0367-326x(03)00029-7

[16] El-Hadj A.I.B., Y. Zaouali, A. Bejaoui and M. Boussaid, Variation of the chemical composition of essential oils in Tunisian populations of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut. (*Lamiaceae*) and implication for conservation. *Chemistry & Biodiversity* 2010, 7: 1276-1289.

[17] Coulibaly Assita, Extraction et caractérisation des huiles essentielles et des composés non volatils de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire : *Tridax Linn* (*Asteracea*) et *Cympobogon Citratus Linn* (*Poaceae*), Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY 2022, 235 pages.

[18] Güler C., Geoffrey D., Thyne John E., McCray A., Keith Turner, Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. *Hydrogeology Journal* 2002, volume 10, 455-474. DOI 10.1007/s10040-002-0196-6.

[19] Goly C., Soro Y., Kassi B., Dadié A., Soro S., Djé M., Antifungal activities of the essential oil extracted from the tea of savanna (*Lippia multiflora*) in Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and*

- Chemical Sciences* 2015, 9(1), 24-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.38436.10063>
- [10] Atché P., Siaka S., Kouwelton K., Soro Y., Tonzibo Z.F Comparative study of chemical variability of essential oils from the leaves of *Lippia multiflora* Mold (Verbenaceae) collected in five regions of Côte d'Ivoire, *International journal of biological and chemical sciences* 2022, 16 (2): 855-866. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.27>
- [21] Kassi A.B.B., Contribution à l'étude phytochimique des amandes de *Mangifera Indica* et des Feuilles, écorces, graines de *Santaloides Afzelii*, Thèse de doctorat de l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Cocody (Côte d'Ivoire) 2013, 184 Pages.
- [22] Codex Alimentarius, 2015. Norme pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive. CODEX STAN 33-1981 Adoptée en 1981. Révision : 1989, 2003, 2015. Amendement : 2009, 2013. 1-18
- [23] Ouis Naouel. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouilles et persil. Thèse de Doctorat, Faculté de sciences exacte et Appliquées 2015, 198 pages.
- [24] Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2013). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (9th ed.). Cengage Learning.
- [25] Ngom Saliou, Moussoukhoye Diop, Mbaye Mbengue, Fatou Faye, Jean Michel Kornprobst et Abdoulaye Samb., Composition chimique et propriétés antibactériennes des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* et d'*Hyptis suaveolens* (L.) Poit récoltés dans la région de Dakar au Sénégal. *Afrique Science* 2014, 10(4), 109 – 117.
- [26] Tonzibo, Z.F., Affia Brou, F., Bédi, G., Chalchat, J.C., Chemical Composition of Essential Oil of *Hyptis Suaveolens* (L.) Poit. from Côte d'Ivoire, *European Journal of Scientific Research* 2009, 38 (4): 565-571.
- [27] Kouamé-Bi K.F.P., Valorisation de quatre plantes médicinales Ivoiriennes : étude phytochimique. Thèse de doctorat, chimie organique, Université de Nantes et de l'Université de Cocody-Abidjan 2012, 180 pages.
- [28] Kanko C., B.E.-H. Sawaliho, Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*, *Comptes Rendus Chimie* 2004, Volume 7(10–11), 1039-1042.
- [29] AFNOR, « Recueil des normes : les huiles essentielles. Tomes 2. Monographies relatives aux huiles essentielles » 6^{ième} édition, AFNOR 2000, Paris, 661-663.
- [30] Lis-balehin M., Geranium, and pelargonium: the genera Geranium and Pelargonium, CRC Press, Taylor & Francis, London 2002, 116-131,147-167;184-217.
- [31] Noudogbessi J.P., Agbangnan P., Yehouenou B., Adjalien E., Nonviho G., Osseni M.A., Wotto V., Figuero G., Chalchat J.C., Sohounhloue D., Propriétés physico-chimiques de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens*. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, ISSN 2249 – 4340; Vol. 3, No. 2, pp. 191-199, June 2013.
- [32] Hilan, C., Sfeir, R., Jawish, D., Aitour, S. Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae. *Lebanese Science Journal* 2006, 7(2): 13-22.
- [33] Dubois V., Breton S., Linder M., Fanni J. et Parmentier M., 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential, *Eur J Lipid Sci Technol.*, 109, 710-732.
- [34] Heller W. & Forkmann G., Biosynthesis of flavonoids in the flavonoids. *Advances in Research since 1986* (ed. J. B. HARBORNE), Chapman & Hall, London, 1993, 499-535.
- [35] Ahmad M. S., Mahmood D. A., Shabeer A. M., Chitale G., Analysis of phytochemistry and antimicrobial activity of *Tridax procumbens* Linn, *Chemical Sciences Journal* 2016, 7(2),132/1-132/4.