

Plantes aromatiques du Plateau des Cataractes (Bassin du Congo). - I. Caractérisation des huiles essentielles des espèces du genre *Cymbopogon* acclimatées au Congo-Brazzaville.

Silou T.^{1,2*} Nsikabaka S.¹, Baou A.¹, Loubaki L.^{1,2} Figuéredo G.³ et Chalchat J.-C.⁴

Abstract

Aromatic plants from “Plateau des Cataractes” (Congo Basin). - I. Characterization of essential oils from species of genus *cymbopogon* acclimatized in Congo-Brazzaville.

In South East Asia, natural origin area of the main species of *Cymbopogon* (*Poaceae*) with high economic value, chemical diversity of essential oils leads to a significant number of varieties, chemotypes, cultivars and mutants of corresponding aromatic plants. For these species, introduced throughout the tropics of the five continents, it is not uncommon to meet totally different compositions of essential oils extracted from plants considered morphologically identical. We followed for more than 10 years, establishment of *Cymbopogon nardus* L. Rendle, *Cymbopogon citratus* L. (DC) Stapf and *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Wats on “Plateau des Cataractes” in Congo-Brazzaville (Congo Basin) to certify, for local producers, the composition of essential oils produced. Essential oils studied were obtained by hydro-distillation using a Clevenger type apparatus and analyzed by chromatography (GC/FID and GC/SM). *C. nardus* essential oil consists mainly of citronellal (43.54 %), citronellol (10.45 %) and geraniol (22.02 %); *C. citratus* essential oil, citral (> 80 %; [% géraniol/ % neral] = 1.4), while *C. flexuosus* essential oil leads to 2 different chemotypes : a citral rich one (> 80%; [% géraniol/ % neral] =1.4) and another, rich in geraniol, citronellal and citronellol.

Paper History

Received:
October 30, 2016

Revised:
February 13, 2017

Accepted:
March 4, 2017

Published online :
March 27, 2017

Keywords:

Cymbopogon citratus,
Cymbopogon nardus,
Cymbopogon flexuosus,
citral, citronellal,
geraniol, citronellol.

¹Université Marien Ngouabi (UMNG), Faculté des Sciences et Techniques, BP : 69, Brazzaville (Congo).

²Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes (ESTC), BP 389, Brazzaville (Congo).

³Laboratoire des Extraits Végétaux Aromatiques (LEXVA Analytique), 7, rue Henri Mondor Biopole Clermont-Limagne 63360 Saint Beaulieu (France)

⁴Association des Valorisation des Huiles Essentielles et des Arômes (AVAHEA), 38 avenue de Clémensat, 63540 Romagnat (France).

* To whom correspondence should be addressed: thsilou@yahoo.fr; Tel: (+242) 06 664 81 10

INTRODUCTION

Brazzaville et Kinshasa se situent de part et d'autre du Pool Malébo, une cuvette aquatique recouverte de prairies semi-aquatiques de *Echinochloa pyramidalis* et de *E. stagnina* et de forêts marécageuses à *Mitragyna stipulosa* ou à *Raphia sese*, qui divise le fleuve Congo en deux : une partie supérieure navigable, le Haut Congo et une partie inférieure, le Bas Congo. Le cours inférieur du fleuve Congo, constituée d'une succession des cascades, encaissée dans un plateau (le

plateau des Cataractes) n'est pas navigable jusqu'à Matadi (océan Atlantique).

Ce plateau, qui est une des aires écologiques du bassin du Congo, s'étend sur 3 pays : l'Angola, le Congo et la République Démocratique du Congo (RDC). Il correspond, en partie, à la région comprise entre le 4° et 5° latitude sud et 14° et 16° longitude est, couverte par le guide de 800 arbres, arbustes et autres plantes de savane de la région de Kinshasa – Brazzaville publié par Pauwels en 1995. C'est un mélange de forêts et de savanes [COMPERE, 1970; DESCOING, 1975; MAKANY,

1976] soumis à un climat équatorial de transition appelé climat type bas-congolais caractérisé par une saison de pluies de 8 mois d'octobre à mai, avec une diminution de pluies en janvier - février et une saison sèche de 4 mois [PAUWELS, 1995]. Les précipitations moyennes annuelles sont de 1400 mm ; la température moyenne annuelle qui est de 25°C peut descendre dans certaines localités jusqu'à 14°C en juillet-août.

L'altitude sur le plateau pouvant atteindre 700 m (Boko), les minima de température, la quantité annuelle d'eau reçue (dépassant 1500mm par endroit) fait du plateau des Cataractes un magnifique verger des fruits exotiques (litchi, ramboutan, mangoustan, raisin, ...) et une zone favorable au développement de plantes aromatiques aussi bien autochtones (*Lippia multiflora*, *Mondia witheii*, *Elionurus hensii*, ...) qu'introduites (*Eucalyptus*, *Cymbopogon*, *Ginger*, *Ocimum*...)

Dans le cadre du programme du gouvernement congolais de lutte contre la pauvreté [ANONYME, 2010] et en complément à un projet de développement de la filière huiles essentielles de l'*Eucalyptus citriodora* à très haute teneur en citronellal/citronellol, l'Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes (ESTC) développe, depuis une dizaine d'années, et à des fins de diversifications des activités, la culture et la distillation de *C. nardus*, *C. citratus*, et *C. flexuosus*. Ces espèces, abondamment cultivées à travers le monde, présentent un intérêt industriel avéré.

En effet, le genre *Cymbopogon*, qui appartient à la famille des *Poaceae*, comprend des très nombreuses espèces aromatiques. Sur environ 140 espèces, se déclinant parfois en plusieurs chemotypes pour certaines d'entre elles, une dizaine, largement répandue sur tous les continents, produisent, à des très fortes teneurs, des huiles essentielles d'importance mondiale. Les huiles essentielles des *cymbopogon* sont essentiellement constituées des monoterpènes oxygénés, notamment : géraniol, néral, géraniol, citronellal, citronellol, acétate de géranyle, acétate citronellyle [GANDJEWALA, 2009].

Ces constituants seuls ou en synergie induisent des propriétés biologiques et organoleptiques très variées justifiant leur utilisation en alimentation, en cosmétique et en phyto-pharmacie.

En tant que plantes médicinales, elles possèdent des propriétés anti-dépressives, anti-pyrétiques, antimicrobiennes, antiseptiques, antalgiques, fongicides, sédatives [SKARIA et al., 2012] et même des activités

anticancéreuses [AVOSEH et al., 2015] et antioxydantes [KHADRI et al. 2008].

Le citral, constituant principal de lemon-grass (60-90 %), extrait par distillation fractionnée, est utilisé dans l'alimentation et dans l'hémi-synthèse de la vitamine A et celle de nombreux autres produits industriels. Il serait responsable de l'activité répulsive et larvicide vis-à-vis des moustiques [OYEDELE et al., 2002]. Le myrcène, connu pour ses propriétés analgésiques [LORENZETTI et al. 1991] et répulsives [RANAWEERA and DAYNANDA, 1997, OYEDELE et al., 2002], serait responsable de l'activité anti convulsive dans le traitement de l'épilepsie au Brésil [QUINTES-JUNIOR et al., 2008 ; AKHILA, 2010].

L'élémol et le méthyl eugénol ont un effet larvicide sur les moustiques [RANAWEERA and DAYNANDA, 1997].

Isolés des huiles essentielles de *citronella*, le citronellal peut être transformé en hydroxy-citronellal, citronellol et en menthol [DEV KUMAR et al., 1977] et le géraniol serait responsable d'une importante activité anti bactérienne [SYED et al. 1990].

Deux profils chimiques combinant ces divers constituants conduisent à deux groupes, les plus importants, des huiles essentielles actuellement réparties sur toute la zone tropicale des cinq continents.

Le premier groupe est celui des huiles essentielles citronnées (lemon-grass), majoritairement constituée de citral à plus de 50 %, responsable de l'odeur de citron ; elles sont extraites de *Cymbopogon citratus* (west indian lemon-grass) et de *Cymbopogon flexuosus* (east indian lemon-grass, cochingrass ou malabargrass).

Le deuxième groupe est celui des huiles essentielles de *citronella* (citronnelle, stricto sensu), majoritairement constituées de géraniol et/ou de citronellal/citronellol. Il est représenté par *Cymbopogon nardus*. Le géraniol est responsable de son odeur de rose.

On rencontre dans la littérature pour *Cymbopogon flexuosus* un chemotype à géraniol majoritaire au Bangladesh [CHOWDHURY, 1998] et un chemotype à élémecine en Inde [(syn *C. travancorensis* Bor), SARMA et al., 1999]. En plus de ses 3 chemotypes reconnus (*alpha* oxobisabolène ; pipéritone ; alcools

sesquiterpéniques), *Cymbopogon distans*, présente un mutant à néral/géranial/géranol/acétate de géranyle comme le lemon-grass [AKHILA, 2010 ; VERMA *et al.*, 2013].

Trois autres espèces ont des compositions très proches de celles des représentants de ces 2 groupes : *C. pendulus* : source de citral 50-85 % *C. martini* : geraniol (65-85 %), citronellol (6,4 %) citral (4-12 %) et *C. winterianus* : geraniol (20-25 %), citronellal (30-45 %) citronellol (4-10 %) [AKHILA, 2010].

Il y a une réelle incertitude sur la composition des huiles essentielles extraites de toutes ces espèces que l'on croit facilement identifiables morphologiquement, surtout au niveau des petits producteurs locaux qui ne procèdent pas à une analyse systématique de l'huile produite.

Ce qui représente un risque potentiel réel pour l'utilisation de ces huiles, notamment en phytothérapie par les tradi-thérapeutes.

Nous nous proposons de rendre compte, par une série d'articles les résultats obtenus sur l'acclimatation, pendant plus d'une décennie, de ces espèces sur le plateau des Cataractes, région de Brazzaville (Congo) et Kinshasa (RD Congo), dans le bassin du Congo.

Le présent article, premier de la série, s'attelle à la description la plus complète possible, des trois espèces étudiées, introduites au Congo via la R.D. Congo (*C. citratus* et *C. flexuosus*) et le Bénin (*C. nardus*), ainsi qu'à l'analyse chimique détaillée des huiles essentielles qu'elles donnent sur cet écosystème très particulier.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude.

Les essais d'acclimatation commencés à Brazzaville (Faculté des Sciences (Université Marien Nguabi

(UMNG)), Institut de Développement rural (UMNG) et Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes) en essai expérimental biologique (10-20 pieds sur sillon) de 1999-2006 ont été poursuivis à Loukoko, District de Loungui, Département du Pool (Campus Rural de l'Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes) en essais pilotes paysans (0,25 à 1 ha sur terrain labouré) de 2003 à 2016.

Le district de Loungui, terrain principal des essais pilotes (sites de Loukoko, Sésé, Ngamibakou, Nkamambangala, Kiazi...) est sur le plateau des Cataractes. Son climat est de type bas congolais, son relief vallonné (collines de 400-600 m d'altitude séparées par des nombreux cours d'eau (Loufoulakari, Loungui, Moulenda, Loundzamu, Mamfoubou, Mankonongo, Ntiétié...) rend difficile la mécanisation des cultures, sa végétation est une savane arbustive avec quelques rares forêts galeries (village Nzaza) et son sol, argileux avec quelques poches sablonneuses, est plutôt fertile [ANONYME, 2011].

Matériel végétal.

Cymbopogon nardus

Originale d'Inde et d'Asie de Sud-est, c'est une plante de climat tropical, largement acclimatée en Afrique, en Amérique du Sud, en Amérique Centrale et en Europe. *C. nardus* est une plante herbacée vivace qui se développe en touffe atteignant une hauteur de 1,5 m, au départ des tiges garnies, de couleur violette ; ses feuilles sont étroites et lancéolées ; des inflorescences en panicules apparaissent une année après plantation.

Les éclats de souche utilisés pour la mise en place des essais ont été introduits au Congo par l'Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes en marge du projet canadien sur les huiles essentielles concernant le Ghana, le Togo et le Bénin [KOU MAGLO, 2004].



Plants de 4 mois (avant première coupe)



Inflorescences portant des graines (12 mois)

Figure 1. Champ pilote paysan de *Cymbopogon nardus* installé sur un mini- plateau à Nkama (Campus Rural de Loukoko, Région du Pool, Congo)

Les éclats repiqués donnent des plantes qui se développent très facilement sur terre fraîche, fertile, assez légère (Figure 1).

Cymbopogon citratus

Cymbopogon citratus est une plante herbacée pérenne. Ses rhizomes sont courts, ses feuilles rubannées (atteignant 50 cm de long), rétrécies aux deux extrémités, à bords sabres et coupants, de couleur vert clair ou glauque, ont une forte odeur de citron. Ses

inflorescences en panicules sont rares ; il se reproduit par éclats de souche [ROBYNS, FL, Congo belge : 145 (1929); KEW BULL 1906 322.357 (1906); PANDEY, 2010].

Cymbopogon citratus ou lemon-grass, est originaire d'Asie ; c'est une plante de climat tropical, largement acclimatée dans toutes les régions du monde et au Congo en particulier où il se rencontre dans toutes les régions du pays.



Figure 2. Champ pilote paysan de *Cymbopogon citratus* installé dans un bas-fond à Nkama (Campus Rural de Loukoko, Région du Pool, Congo)



Champ expérimental pilote
(Faculté des sciences de Brazzaville, Congo)



Tiges de *Cymbopogon flexuosus*
var. *flexuosus* (CRL)

Figure 3. Champ expérimental de *Cymbopogon flexuosus*

Souvent planté dans les jardins d'habitation ou de maraîchage, *Cymbopogon citratus*, appelé à tort citronnelle, est le plus connu des *Cymbopogons* par les populations locales. Il a très probablement été introduit au Congo-Brazzaville pendant la période coloniale via la colonie du Congo belge (actuelle RD Congo) où il était largement cultivé pour son huile essentielle [AVOSEH *et al.*, 2015].

Les éclats étudiés, venus de Kinkanda, (District de Boko, Département du Pool, Plateau des Cataractes) ont été acclimatés à Brazzaville et à Loukoko entre 2000 et 2016 (Figure 2).

Cymbopogon flexuosus

Cymbopogon flexuosus, encore appelé : east indian cymbopogon, cochingrass, malabargrass est originaire de l'Inde et particulièrement des régions de Cochin et de Malabar. C'est une poacée géante pérenne de 2 m de haut, avec des tiges rouges (variété *flexuosus*) ou blanches (variété *albescens*), des feuilles de 50-120 cm de long sur 0.25 à 2.00cm de large. Ses inflorescences très ramifiées sont abondantes ; il se reproduit aussi bien par graines que par éclats de souche [AKHILA, 2010 ; PANDEY, 2010].

Des éclats acquis auprès des paysans de la R.D. Congo ont été acclimatés à la Faculté des Sciences de Brazzaville (**Figure 3**) et au Campus Rural de Loukoko.

Itinéraire culturel

Les champs pilotes paysans sont installés aussi bien dans les bas-fonds très fertiles (Loukoko, Nkama, Ntiétié) que sur les versants des collines et mini-plateaux situés aux sommets des collines (Nkama, Sésé, Ngamibakou), suivant un itinéraire culturel totalement biologique : désherbage, enfouissement des herbes ; repiquage des éclats avec un écartement de 1 m x 1 m, après labour ; entretien à 2 mois ; première coupe à 3-4 mois ; coupes ultérieures tous les 3-4 mois ; si nécessaire, récolte de graines à 12 mois.

Extraction des huiles essentielles

Les extraits volatils des feuilles (séchées à l'ombre pendant 2 - 4 jours) ont été obtenus par hydro-distillation à l'aide d'un extracteur de type Clevenger.

L'eau et la matière végétale sont introduites dans un ballon et le tout est porté à ébullition. La vapeur chargée d'huiles essentielles se condense au contact du réfrigérant. L'hydro-distillation dure 2 à 3 h. Le condensât est ensuite recueilli dans une ampoule à décanter dans laquelle l'huile essentielle est isolée de la phase aqueuse par extraction à l'éther diéthylique. L'extract est séché au sulfate de sodium. L'huile essentielle est récupérée après évaporation du solvant. Si m_1 est la masse de la matière végétale séchée et m_2 la masse d'huile récupérée, la teneur en huile essentielle est donnée par :

$$\text{Teneur en huile essentielle (\%)} = (m_2/m_1) \times 100$$

Analyses Chromatographiques.

Les analyses chimiques des huiles essentielles ont été réalisées par chromatographie en phase gazeuse (GC) sur un appareil Delsi 121C, muni d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et équipée d'une colonne CPWAX 52 CB de 25m×0,25mm (df: 0,15µm), avec une programmation de température de 50°C (5min) à 220°C, à raison de 2°C par minute. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement à 240°C et à 250°C ; l'azote est utilisé comme gaz vecteur. L'identification des constituants est faite à l'aide des indices de Kovats, et par comparaison des spectres de masse répertoriés dans la littérature [ADAMS, 1995 ; MCLAFFERTY and STAUFFER, 1989 ; KÖNING et al., 2001 ; NIST, 1999], et à ceux que nous avons obtenus par couplage de la chromatographie en phase gazeuse

avec la spectrométrie de masse (GC/MS) réalisé avec le chromatographe Sigma 300 équipé d'une colonne supelcowax10 de 60m×25mm et un spectromètre de masse HP 5970 300, les températures étant programmées de manière identique à celles décrites ci-dessus.

RESULTATS ET DISCUSSION

Essence de citronnelle : *Citronella*, *Cymbopogon nardus*

Le **Tableau 1** donne la composition représentative des huiles essentielles extraites de *Cymbopogon nardus* acclimatés sur le plateau des Cataractes au Congo Brazzaville, déterminée avec du matériel, suffisamment sensible pour détecter et quantifier des produits présents à moins de 0.1 %.

L'utilisation du couplage GC/SM associée aux importantes bases de données SM actuellement disponibles d'une part, et celle des techniques complémentaires récemment mises à contribution pour l'étude des huiles essentielles, conduisent à une identification suffisamment fiable des très nombreux constituants d'une huile essentielles et ceci est particulièrement vraie pour la composition des huiles essentielles des espèces du genre *cymbopogon* [BIGHELLI and CASANOVA, 2010].

Sur 46 constituants détectés, 40, représentant 98 % de l'huile totale ont été formellement identifiés par leur temps de rétention traduit en Indice de Kovats (IK) et par comparaison aux spectres de masses des banques de données consultées.

La composition obtenue est conforme à celles du chemotype largement répandu à l'échelle mondiale et établie, après compilations de travaux disponibles dans la littérature, par Akhila [2010] et comprenant 15 constituants majeurs (>1%) et 17 constituants à l'état de traces.

Le **Tableau 1** permet de constater que l'huile essentielle de *Cymbopogon nardus* (L) Rendle acclimaté sur le plateau des Cataractes a 12 constituants majeurs : (limonène (3,34), isopulégol (1,08), citronellal (43,53), citral (1,2) citronellol (10,46), géraniol (22,02), acétate de citronellyle (1,23), acétate de géranyle (1,31), *bêta*-élémane (1,70), germacrène D (1,41), *delta*-cadinène (1,45) et élémol (2,32) et 33 constituants à l'état de traces dont 6 non identifiés.

Tableau 1. Composition type de l'huile essentielle de *Cympogon nardus* (L) Rendle acclimaté sur le plateau des Cataractes (Congo- Brazzaville) (Référence : CN25 /15 CRL)

| Pics | RT | Kl _c | Kl _{Litt} | Constituants | Teneur (%) |
|--------------|--------|-----------------|--------------------|-------------------------------|--------------|
| 1 | 6,874 | 1029 | 1024 | limonène | 3,34 |
| 2 | 8,163 | 1101 | 1004 | mentha-1(7),8-diène | 0,58 |
| 3 | 8,527 | 1124 | 1118 | mentha-1,3,8-triène | 0,22 |
| 4 | 8,771 | 1139 | nd | mentha-1,5,8-triène | 0,14 |
| 5 | 8,951 | 1150 | 1145 | isopulégol | 1,08 |
| 6 | 9,05 | 1157 | 1154 | citronellal | 43,54 |
| 7 | 9,11 | 1160 | nd | iso isopulégol | 0,85 |
| 8 | 9,285 | 1172 | nd | néo-iso isopulégol | 0,10 |
| 9 | 9,576 | 1190 | 1187 | mentha-1(7),8-diène-2-ol | 0,55 |
| 10 | 9,766 | 1202 | nd | NI | 0,15 |
| 11 | 9,954 | 1215 | nd | NI | 0,09 |
| 12 | 10,06 | 1222 | nd | nérol | 0,18 |
| 13 | 10,172 | 1230 | 1228 | citronellol | 10,46 |
| 14 | 10,212 | 1233 | nd | NI | 1,02 |
| 15 | 10,327 | 1241 | 1235 | néral | 0,53 |
| 16 | 10,421 | 1247 | 1239 | carvone | 0,16 |
| 17 | 10,53 | 1255 | 1255 | géraniol | 22,02 |
| 18 | 10,757 | 1271 | nd | géraniol | 0,69 |
| 19 | 11,098 | 1294 | 1293 | undécane-2-one | 0,20 |
| 20 | 11,769 | 1344 | nd | NI | 0,120 |
| 21 | 11,854 | 1350 | 1350 | acétate de citronellyle | 1,23 |
| 22 | 11,909 | 1354 | 1356 | eugénol | 0,67 |
| 23 | 12,235 | 1379 | nd | acétate de geranyle | 1,31 |
| 24 | 12,283 | 1382 | nd | NI | 0,12 |
| 25 | 12,309 | 1384 | 1387 | <i>bêta</i> bourbonène | 0,103 |
| 26 | 12,382 | 1390 | 1389 | <i>bêta</i> élémène | 1,70 |
| 27 | 12,777 | 1421 | 1422 | <i>bêta</i> caryophyllène | 0,13 |
| 28 | 13,233 | 1457 | 1452 | <i>alpha</i> humulène | 0,08 |
| 29 | 13,467 | 1476 | 1478 | <i>gamma</i> humulène | 0,15 |
| 30 | 13,55 | 1483 | 1484 | germacrène-D | 1,41 |
| 31 | 13,724 | 1496 | nd | <i>bêta</i> cadinène | 0,20 |
| 32 | 13,757 | 1499 | 1500 | <i>alpha</i> muurolène | 0,38 |
| 33 | 13,874 | 1509 | 1508 | germacrène-A | 0,31 |
| 34 | 13,938 | 1514 | 1513 | <i>gamma</i> cadinène | 0,36 |
| 35 | 13,991 | 1519 | 1522 | <i>delta</i> cadinène | 1,45 |
| 36 | 14,216 | 1538 | 1537 | <i>alpha</i> cadinène | 0,08 |
| 37 | 14,366 | 1551 | 1549 | élémol | 2,32 |
| 38 | 14,7 | 1579 | nd | <i>gamma</i> eudesmol | 0,43 |
| 39 | 15,335 | 1635 | 1638 | <i>épi alpha</i> cadinol | 0,20 |
| 40 | 15,447 | 1645 | 1644 | <i>alpha</i> muurolol | 0,15 |
| 41 | 15,468 | 1647 | 1649 | <i>bêta</i> eudesmol | 0,24 |
| 42 | 15,6 | 1659 | 1652 | <i>alpha</i> eudesmol | 0,68 |
| 43 | 15,711 | 1669 | 1662 | 7- <i>épi-alpha</i> -eudesmol | 0,13 |
| 44 | 15,807 | 1677 | nd | NI | 0,11 |
| Total | | | | | 99,96 |

NI : non identifié ; nd : non disponible

Tableau 2. Composition chimique des huiles essentielles de *Cymbopogon nardus* produit au Ghana, Benin, Togo [KOUMAGLO, 2004]

| Constituants | Ghana | Bénin | Togo |
|-------------------------|-------|-------|------|
| Limonène | 2,3 | 2,9 | 2,4 |
| Linalol | 0,5 | 0,7 | 0,5 |
| Isopulégol | 0,4 | - | 0,7 |
| Citronellal | 26,9 | 47,8 | 35,4 |
| Citronellol | 12,7 | 10,3 | 9,6 |
| Néral | 0,7 | - | 0,4 |
| Géranol | 32,2 | 25,9 | 23,5 |
| Géranial | 1,1 | 3,3 | 0,6 |
| Acétate de Citronellyle | 1,3 | 1,2 | 2,4 |
| Eugénol | 0,7 | - | - |
| Acétate géranyle | 1,6 | 3,4 | 3,8 |
| β -élémente | 0,7 | 0,1 | 2,8 |
| Germacrène-D | 1,3 | 0,3 | 1,2 |
| δ -Cadinène | 0,7 | - | 2,3 |
| élémol | 5,6 | 1,0 | - |
| Germacrène-D-4-ol | 5,4 | 0,7 | - |
| Oxyde de caryophyllène | - | - | - |
| α -cadinol | 1,2 | 0,3 | 0,6 |
| Occidentol | - | - | 6,5 |

Neuf des 12 constituants majeurs des huiles étudiées sont sur la liste produite par Akhila, comme constituants majeurs (limonène, géranol, citronellol, citral, acétate de géranyle) et 3 comme constituants à l'état de traces (acétate de citronellyle, élémol, iso pulégol). Nous avons mis en évidence, en des très faibles quantités, des menthadiènes, menthatriènes et des sesquiterpènes (bourbonène, humulène, germacrène-D, muurolène, cadinène, eudesmol..).

L'huile essentielle produite sur le plateau des Cataractes est très proche de celles du matériel végétal de départ notamment pour les premiers constituants majeurs représentant au moins 80 % de la composition totale de l'huile; on note quelques inversions pour les constituants mineurs:

Congo : citronellal (43,5 %) > géranol (22,02 %) > citronellol (10,46 %) > limonène (3,54) > β -élémente (2,70 %) > élémol (2,32 %) > δ -cadinène (1,48) > gémacrène D (1,41 %) > acétate de géranyle (1,31 %) > acétate de citronellyle (1,23 %) > citral (1,20 %);

Benin : citronellal (47,8 %) > géranol (25,9 %) > citronellol (10,3 %) > acétate de géranyle (3,4 %) > citral (3,3 %) > limonène (2,9 %) > β -élémente (1,70 %) > acétate de citronellyle (1,2 %) > élémol (1,0%).

On constate également que les huiles du Congo ont le même profil que celles du Bénin et du Togo, étudiées

dans le cadre du projet canadien cité plus haut (**Tableau 2**), pays d'origine des éclats introduits au Congo.

Lemon-grass : *Cymbopogon citratus*

Le **Tableau 3** présente la composition type de l'huile essentielle de *Cymbopogon citratus*, acclimaté à Loukoko (CRL) sur le plateau des Cataractes, avec 32 constituants détectés, dont 29 formellement identifiés, ainsi que celle de l'huile extraite des pieds, originaires de Kinkanda et ayant servi, dix ans auparavant, à la mise en place des essais de Loukoko.

Sept constituants majeurs (>1 %) : 6-methyl-hept-5-èn-2-one (0,93 %) citronellal (1,87) ϵ -isocitral (1,01), néral (33,33 %), géranol (4,73 %), géranial (45,95 %) représentant 88 % de l'huile totale et 27 constituants mineurs ou à l'état de traces. Akhila dénombre, pour cette espèce, après compilation de la littérature disponible, 7 constituants majeurs et 36 constituants à l'état de traces.

Six des 7 constituants majeurs des huiles étudiées se trouvent sur la liste établie par Akhila, confirmant ainsi la bonne identification par les paysans du plateau des cataractes de la matière végétal pour la production d'une huile essentielle à valeur économique avérée, notamment avec sa teneur en citral qui avoisine les 80 %.

L'huile essentielle du Congo a le même profil chimique que celle produite au Bénin, au Burundi, au et à Madagascar (*Tableau 4*).

Enfin, en se référant au classement proposé par Sidibé, Chalchat *et al.* [1999], on retrouve bien des huiles du Congo et du Bénin dans le même groupe à cause de la présence significative du myrcène (>10%) accompagnant le citral majoritaire à 60-70%.

Ces huiles diffèrent de celles de Rwanda [NTEZURUBANDZA *et al.*, 1992], d'Inde [ZUMAREENKO *et al.*, 1981], du Madagascar [DETHIER, 1996] par une teneur très élevée de citral (>80%). Elles se distinguent également de celles de la Turquie [SARER *et al.*, 1983], du Nigéria [EKUNDAO, 1986] et du Qatar [HEIBA, 1986], dont les rapports % géraniol/ % néral varient du simple au double alors qu'ici ce rapport est de 1.3 pour l'essence du Congo est de 1.6 pour celles du Bénin.

Tableau 3. Composition type des huiles de *Cymbopogon citratus*, acclimaté sur le plateau de Cataractes (Réf. CC01/12) et de l'huile originaire de Kinkanda

| Localisation (année de culture) | | | | Loukoko (2012) | Kinkanda (2003)* |
|---------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|----------------|------------------|
| TR | KI _c | KI _{Litt} | Constituents | Teneur (%) | Teneur (%) |
| 6.908 | 979 | 981 | 6-methyl-hept-5-èn-2-one | 0,98 | - |
| 6.987 | 983 | 988 | myrcène | 3,57 | 11,22 |
| 7.706 | 1022 | 1024 | limonène | 0,11 | 0,15 |
| 7.829 | 1029 | 1032 | (Z)-bêta-ocimène | 0,13 | 0,63 |
| 8.013 | 1040 | 1044 | (E)-bêta-ocimène | 0,12 | 0,10 |
| 8.892 | 1090 | 1102 | périllène | 0,13 | 0,07 |
| 8.924 | 1091 | 1095 | linalol | 0,82 | 0,86 |
| 9.550 | 1134 | nd | cis-cis-photocitral | 0,11 | - |
| 9.715 | 1145 | nd | trans-trans-phoyocitral | 0,26 | - |
| 9.761 | 1149 | 1148 | citronellal | 1,87 | 8,20 |
| 9.896 | 1158 | nd | trans verbénol | 0,67 | 0,78 |
| 10.022 | 1167 | 1173 | rosefuran époxyde | 0,05 | - |
| 10.183 | 1179 | 1177 | E-isocitral | 1,01 | - |
| 11.088 | 1243 | 1235 | néral | 33,33 | 25,48 |
| 11.225 | 1253 | 1249 | géraniol | 4,73 | 9,54 |
| 11.518 | 1273 | 1264 | géraniol | 45,95 | 33,36 |
| 11.796 | 1293 | 1293 | undécane-2-one | 0,18 | 0,16 |
| 11.865 | 1298 | 1298 | formiate de géranyle | 0,10 | - |
| 12.517 | 1347 | nd | acétate de citronellyle | 0,36 | 0,42 |
| 12.543 | 1349 | 1356 | eugénol | 0,09 | - |
| 12.915 | 1377 | 1379 | acétate de géranyle | 0,55 | 1,45 |
| 13.101 | 1392 | 1389 | bêta-élémane | 0,13 | 0,17 |
| 13.512 | 1424 | 1409 | bêta-caryophyllène | 0,08 | - |
| 13.645 | 1435 | 1432 | trans alpha bergamotène | 0,07 | - |
| 14.385 | 1494 | 1495 | tridécan-2-one | 0,10 | - |
| 14.691 | 1520 | 1522 | delta cadinène | 0,08 | - |
| 15.052 | 1551 | 1548 | élémol | 0,39 | 1,67 |
| 15.480 | 1588 | 1582 | oxyde de caryophyllène | 0,07 | - |
| 16.287 | 1659 | 1652 | alpha cadinol + bêta-eudesmol | 0,14 | 0,88 |
| 17.594 | 1780 | nd | NI | 0,15 | - |
| 19.250 | 1944 | nd | NI | 0,55 | - |
| 19.594 | 1980 | nd | NI | 0,26 | - |
| Total | | | | 97,14 | 95,14 |
| % citral | | | | 79,28 | 58,84 |
| (% géraniol)/(% néral) | | | | 1,4 | 1,3 |

*[LOUKAKI, 2003] ; NI : non identifié ; nd : non disponible.

KI_c = Kovats Index calculé ; KI_{Litt} = Kovats Index Litterature

Tableau 4. Composition en constituants majeurs des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* produites au Bénin au Burundi et à Madagascar

| Constituants | Bénin (a) | Burundi (b) | Madagascar (b) |
|-------------------------------|-------------|-------------|----------------|
| 6-methyl-hept-5-èn-2-one | 0,4 | 1,7 | 6,8 |
| Myrcène | 8,0 | 2,1 | 0,1 |
| Néral | 32,2 | 32,0 | 33,8 |
| Géranol | 4,2 | 4,6 | 0,2 |
| Géranial | 51,0 | 43,7 | 48,3 |
| Bornéol | - | - | 1,9 |
| Total | | | |
| % Citral | 83,2 | 75,7 | 82,1 |
| (% géranial)/(% néral) | 1,6 | 1,4 | 1,4 |

(a) MOLANGUI, 1997; (b) DETHIER, 1996,

Lemon-grass : *Cymbopogon flexuosus* var. *flexuosus*

Les deux variétés de *Cymbopogon flexuosus* signalées plus haut ont été mises en évidence sur le plateau des Cataractes. Nous ne présenterons ici que les résultats relatifs à la variété *flexuosus*, la variété

albescens, mutant apparu sur nos essais, fera l'objet d'une publication séparée [SILOU *et al.*, 2007].

Le **Tableau 5** donne la composition chimique des feuilles et des inflorescences très abondantes de *Cymbopogon flexuosus* var. *flexuosus*.

Tableau 5. Composition chimique des huiles essentielles des feuilles et des inflorescences *Cymbopogon flexuosus* var. *flexuosus* (adulte, 18 mois)

| Teneur en huile essentielle (%) | | Feuilles | Inflorescences |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------|----------------|
| KI | Constituants | Teneur (%) | Teneur (%) |
| 839 | 4-hydroxy-4méthyl-pentan-2-one | 0,12 | - |
| 986 | 6-methyl-hept-5-èn-2-one | 1,05 | 0,52 |
| 1097 | Linalol | 0,30 | 0,26 |
| 1142 | <i>trans</i> -sabinol | 0,47 | - |
| 1150 | Isopulégol | 0,26 | - |
| 1153 | Citronellal | 0,30 | 0,15 |
| 1156 | <i>bêta</i> -oxyde pinène | 2,08 | - |
| 1177 | epoxyde de rosefurane | 1,21 | 0,26 |
| 1181 | Ethy-3(2-furyl)-propanoate | 2,80 | - |
| 1238 | Néral | 36,24 | 34,40 |
| 1267 | Géranial | 48,88 | 50,60 |
| 1359 | (Z)- <i>alpha</i> Damascone | 0,37 | - |
| 1371 | NI | 0,24 | - |
| 1381 | Acétate de géranyle | 0,71 | 1,05 |
| 1491 | <i>bêta</i> -élémane | 0,89 | - |
| 1418 | <i>bêta</i> -caryophyllène | 0,57 | 1,44 |
| 1514 | <i>gamma</i> -cadinène | 0,46 | 0,24 |
| 1529 | <i>trans</i> -calamène | 0,16 | - |
| 1550 | Elémol | - | 0,21 |
| 1581 | Oxyde de caryophyllène | 0,61 | - |
| 1836 | NI | 0,54 | |
| Total | | 97,26 | 89,13 |
| % Citral | | 83,12 | 85,00 |
| % (géraniol)/(% néral) | | 1,4 | 1,5 |

NI : non identifié

Tableau 6. Variation de la composition chimique des huiles essentielles chez *Cymbopogon flexuosus* var. *flexuosus* à différentes étapes du développement de la plante

| Constituants | Plants francs (7mois) | Rejets (6mois) | Plantes adultes (18 mois) |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------|
| 6-methyl-hept-5-èn-2-one | 3,0 | 2,0 | 1,1 |
| Verbanol (cis/trans) | 4,9 | 0,7 | 0,6 |
| Linalol | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Néral | 35,5 | 35,2 | 36,2 |
| Géranial | 48,7 | 45,4 | 48,9 |
| Acétate de géranyl | 0,6 | 0,4 | - |
| Caryophyllène | 1,3 | 1,9 | 1,2 |
| Total | 94,5 | 86,1 | 88,5 |
| % Citral | 84,2 | 80,6 | 85,1 |
| [% (géranial)]/[% (néral)] | 1.4 | 1.3 | 1.4 |

Dans l'huile essentielle des feuilles, 21 constituants ont été détectés dont 19 formellement identifiés, se répartissant en 6 constituants majeurs (>1 %) : 6-methyl-hept-5-èn-2-one (1,05%), bêta oxyde de pinène (2,08 %), époxyde de rosefurane (1,21 %), éthy-3(2-furyl)-propanoate (2,80 %), neral (36,24), géranial (48,88) et 15 constituants mineurs ou à l'état de traces (< 0,1 %). Akhila donne une liste de 11 constituants majeurs citées dans littérature avec le citral à plus de 80 % (néral (36,24), géranial (48,88)) et une quarantaine de constituants à l'état de traces. Nous avons bien le chemotype à citral majoritaire de *Cymbopogon flexuosus* c'est-à-dire la variété *flexuosus* à tiges rouges (Figure 3).

Les inflorescences donnent une huile de même profil chimique, que les feuilles à différentes étapes du développement de la plante (plants francs de 7 mois après le repiquage, rejets de 6 mois après la coupe et la plante adulte de 18 mois après le repiquage (Tableau 6). Le chemotype de l'huile essentielle de *Cymbopogon flexuosus* var. *flexuosus* produite sur le plateau des Cataractes est totalement stabilisé.

CONCLUSION

Les huiles essentielles extraites de *C. nardus*, de *C. citratus* et de *C. flexuosus* acclimatés sur le plateau des Cataractes correspondent bien à celles caractéristiques de *citronella* pour la première espèce et de lemon-grass pour les 2 autres à travers le monde et qui font l'objet d'un commerce important. L'huile essentielle de *C. nardus* est constituée à près de 90 % de citronellal, géranol, citronellol, limonène, bêta-élémane, élémol, delta-cadinène, gémacrène D, acétate de géranyle, acétate de citronellyle, citral, tandis que celle de *C. citratus* et de *C. flexuosus* contient du citral à 80 %,

avec 1,5 fois plus de géranial que du neral. Ces espèces font actuellement l'objet des études pilotes au Campus Rural de Loukoko (*Ecole Supérieure de Technologie des Cataractes*) pour la production des huiles essentielles, à l'échelle artisanale, avec du matériel et des protocoles améliorés, en appui à l'activité des petits producteurs d'huiles essentielles du plateau des Cataractes et en vue du développement de la filière « plantes aromatiques » dans la région.

RESUME

Dans le sud est-asiatique, aire naturelle d'origine des principales espèces de *Cymbopogon* (*Poaceae*) à valeur économique avérée, la diversité chimiques des huiles essentielles conduit à un nombre important de variétés, chemotypes, cultivars et mutants des plantes aromatiques correspondantes. Pour ces espèces, introduites dans toute la zone tropicale des cinq continents, il n'est pas rare de découvrir des compositions totalement différentes pour des huiles essentielles extraites des plantes considérées comme identiques morphologiquement. Nous avons suivi, pendant plus des 10 ans, l'acclimatation de *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle, *Cymbopogon citratus* L. (DC) Stapf et *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Wats sur le plateau des Cataractes au Congo-Brazzaville (Bassin du Congo) afin de certifier, pour les producteurs locaux, la composition des huiles essentielles produites. Les huiles essentielles étudiées sont obtenues par hydro-distillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger et analysées par chromatographie (GC/FID et GC/SM). Pour *C. nardus*, elles sont majoritairement constituées de citronellal (43,54 %), citronellol (10,45 %) et géranol (22,02 %), pour *C. citratus*, de citral (>80 % ; [% géranol/% neral] = 1,4), tandis que celles *C. flexuosus* présentent 2 chemotypes différents : l'un à citral (>80 % ; [%géranol/% neral] = 1,4) et l'autre à géranol, citronellal, citronellol.

Mots clés : *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon flexuosus*, citral, citronellal, géranol, citronellol

REFERENCES ET NOTES

- ADAMS R.P. [1995]. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy; Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL, USA.
- AKHILA A. [2010]. Chemistry and Biogenesis of essential oils from genus *Cymbopogon* In : Essential oil bearing grasses, the genus *Cymbopogon*, Medicinal and aromatic plants, Industrial profiles, edited by Akhila A, CRC Press Francis & Taylor Group Boca Rota, London, New York.
- ANONYME [2010]. Développement des filières de commercialisation des huiles essentielles de *Eucalyptus citriodora* à forte valeur ajoutée, par les communautés villageoises du Congo; Projet CFC/ITTO/80/PD 364/ 05 Rev.4 (I).
- ANONYME [2011]. Plan de développement local du district de Louingui 2012-2016. Comité de Développement local (CDL) de Louingui. Fondation Niosi, Initiative de Développement, Brazzaville Congo.
- AVOSECH O., OYEDEJI O., RUNGQU P., NKEY-CHUNGAG B., OYEDEJI A. [2015]. *Cymbopogon* species: ethno pharmacology, phytochemistry and the pharmacological importance. *Molecule*, 20: 7438-7453.
- BIGHELLI A., CASANOVA J. [2010]. Analytical methods for *Cymbopogon* oils. In : Essential oil bearing grasses, the genus *Cymbopogon*, medicinal and aromatic plants, Industrial profiles, edited by Akhila A, CRC Press Francis & Taylor Group Boca Rota, London, New York.
- CHOWDHURY J.U., YUSUF M., BEGUM J., MONDELLÀO L., PREVIT P., DUGO G. [1998]. Studies on the essential oil bearing plants of Bangladesh. Part IV. Composition of the leaf oils of three *Cymbopogon* species: *C. flexuosus* (Nees ex Steud) Wats., *C. nardus* (L.) Rendle var. *confertiflorus* (Steud) N.L. Bor and C. *martinii* (Roxb.) Wats var. *martinii*. 10 : 301-306.
- COMPÈRE P. [1970]. Notice explicative de la carte de sols et de la végétation. 25. Bas Congo. Bruxelles Publ. INEAC, Cartes des sols et de la végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi.
- DESCOINGS B. [1975]. Les grandes régions naturelles du Congo Candollea 30 : 91-120.
- DETHIER M. [1996]. Contribution à l'étude des plantes aromatiques du Burundi, Thèse de Doctorat Université Montpellier II.
- DEV KUMAR C., NARAYANA M.R., KHAN M.N.A. [1977]. Synthetic products of citronella, *Indian Perfumer* 22: 139- 145.
- EKUNDAYO O. [1986]. Essential oil composition of some Nigerian medicinal plants. In: E.J.BRUNKE Ed. Progress in Essent.oil. Res. Walter Gruyter and Co, Berlin.
- GANDJEWALA D. [2009]. *Cymbopogon* essential oils: chemical composition and bioactivities, *International Journal of essential therapeutics*, 3: 56-65.
- HEIBA H.I., RIZK A.M. [1986]. Constituents of *Cymbopogon* species, *Qatar Uni. Sci. Bull.* 6 : 53-73.
- KHADRI A., SERRADHEIRE M.L.M., NOGUERA J.M.F., NEFFATI M., SIMITI S., ARANJÚO M.E.M. [2008]. Antioxidant and acetylcholinesterase activities of essential oils from *C. Schoenanthus* L. Spreng 109(3) : 630-637.
- KÖNING W.A., HOCHMUTH D.H. and JOULAIN D. [2001]. Terpenoids and Related Constituents of Essential Oils. Library of MassFinder 2.1. University of Hamburg, Institute of Organic Chemistry: Hamburg, Germany.
- KOUMAGLO H.K. [2004]. Production de l'essence de citronnelle par les coopératives villageoises en Afrique occidentale. In : Les huiles essentielles : de la plante à la commercialisation, manuel pratique, Collin G., Garneau F.X. Eds, Université de Chicoutimi, Québec, Canada, 81-97.
- LORENZETTI B.B., SOUZA G.E.P., SARTI S.J., FERREIRA S.H. [1991]. Myrcene mimics the peripheral activity of lemongrass tea J. *Ethnopharmacol.* 34 : 43-48.
- LOUBAKI L. [2003]. Contribution à l'optimisation de la production et de l'extraction des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* et *Cymbopogon nardus* en culture paysanne; Thèse de Doctorat Université Marien Ngouabi, Brazzaville.
- MAKANY L. [1976]. Végétation des plateaux Tékés (Congo). Travaux de l'Université de Brazzaville, Brazzaville.
- MCLAFFERTY, F.W. and STAUFFER, D.B. [1989]. The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data; John Wiley and Sons, New York, NY.
- MOLANGUI T. [1997]. Etude chimique des huiles essentielles de plantes aromatiques introduites en Afrique Subsaharienne. Thèse de Doctorat Université de Montpellier II, France.
- NIST NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY [1999]. PC version 1.7 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectra library, Perkin-Elmer Norwalk, CT, NIS Chemistry WebBook NIST Standard.
- NTEZURUBANZA L., COLLIN G., DESLAVRIESRS G.B., NIZEYIMANA J.B. [1992]. Huiles essentielles de géranium et de lemon-grass cultivées au Rwanda. *Riv. Ital. EPPOS* (numéro spécial) : 631-639.
- OYEDELE A.O., GBOLADE A.A., SOSAN M.B., AEDOYI F.B., SOYELU O.L., ORAFIDIYA O.O. [2002]. Formulation of an effective mosquito repellent tropical product from lemongrass oil. *Phytomedicine* 8(3) : 259-262.
- PANDEY A.K. [2010]. The *Cymbopogon*, Harvest and post harvest management. In: Essential oil bearing grasses, the genus *Cymbopogon*, Medicinal and aromatic plants, Industrial profiles, edited by Akhila A, CRC Press Francis & Taylor Group Boca Rota, London, New York.
- QUINTES-JUNIOR J.J., SOUZA T.T., LEITE B.S., BONJARDIM I.R., SANTOS M.R.V., ALVES P.B., BLANK A.F., ANTONIOLLI A.R. [2008]. Phytochemical screening and anti convulsive (*C. winterianus* Jowitt (Poacea)) leaf essential oils in rodents. *Phytomedicine*, 15(8) : 619-624.
- RANAWERTTA S.S. and DAYANANDA K.R. [1997]. Mosquito larvicidal activity of of *Ceylan citronella* (*C.nardus* L. Rendle) oil fractions. *J. Nat. Sc. Sri Lanka*, 24 : 247-252.
- SARER E., SCHEFFER J.C., BAERHEIM SVENDSEN A. [1983]. Composition of essential oil of *Cymbopogon citratus* D.C. Stapf cultivated in Turkey. *Sci Pharm.*, 51 : 58-63.
- SARMA A., SARMA H., SARMA T.C., HANDIQUE A.K. [2011]. Screening of essential oil obtained from inflorescence of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud)) Wats accessions, *Indian journal natural products and Ressources* 2 (2) : 236- 241.
- SKARIA B.P., JOY P.P., MATHEW G., MATHEW H. and JOSEPH A. [2012]. Lemongrass. In : Handbook of herbs and spices, Vol. 2, Edit. Peter KV, Woodhead Publishing, Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi,
- SIDIBE L., CHALCHAT J.C., GARRY R., HAMARA M. [1999]. Aromatic plants of Mali : chemical composition of two *Cymbopogon* : *C. citratus* L, *C. giganteus* L, *J. Essent. Oils Res.* 13: 110-113.
- SILOU T., NSIKABAKA S., NOMBAULT G.P., R., FIGUÉREDO G. and CHALCHAT J.C. [2017]. Aromatic plants from "Plateau des Cataractes" (Congo Basin). IV. Characterization of citronella mutant of *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud) Wats

acclimatized in Congo-Brazzaville. Journal of Food Technology accepté pour publication.

SYED M., KHALID M. R., CHAUDRY F.M. [1990]. *Pak. J.Sc. Ind. Res.*, 33(12): 529-531.

VERMA R.S., PADALIA R.C., CHAUHAN A. [2013]. Compositional variation in leaves and inflorescence essential oils of *Cymbopogon distans* (Steud) Wats. From india, *Natl. Acad. Sci. Lett.* 36 (6): 615-619.

ZUMAREENKO V., KLYUEN N., GRANDBERG I., DIMITIEV L.B., ESVANDZHIYA G.A. [1981].

Composition of essential oil of lemon-grass (*Cymbopogon citratus* D.C.) Izv Timiryazevsk Sakh Akad., 2 :167-169.



This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>