

## Biochemical evaluation and exploration of the antioxidant, antibacterial and anticancer potential of *Zingiber officinale*

### Evaluation biochimique et exploration des potentialités antioxydantes, antibactérienne et anticancéreuse de *Zingiber officinale*

S. OUESLATI<sup>1\*</sup>, W. GHARSALLI<sup>2</sup>, M. ABDELKARIM<sup>3</sup>, F. BEN AISSA-FENNIRA<sup>3</sup>, R. KSOURI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire des plantes Extrêmophiles, Centre de Biotechnologie de Borj-Cédria, BP 901, 2050 Hammam-Lif, Tunisie

<sup>2</sup> Laboratoire des Plantes Aromatiques et Médicinales, Centre de Biotechnologie de Borj-Cédria, BP 901, 2050 Hammam-Lif, Tunisie

<sup>3</sup> Laboratoire de Génétique, d'Immunologie et de Pathologie humaines, Faculté de médecine, Université de Tunis El Manar, Tunisie

\*Corresponding author: oueslatisamia01@gmail.com

**Abstract** – This study aimed to evaluate biological potentialities of rhizome extracts and essential oils of *Zingiber officinale*. Results showed a great variability of phenolic content depends upon extraction method. In fact, maceration extract showed the highest polyphenols and flavonoids contents in comparison to those obtained through sonication. Moreover, antioxidant capacity results proves a superiority of maceration extract to quench a DPPH radical and to reduce Fe<sup>3+</sup> with an IC<sub>50</sub> equal to 32 µg ml<sup>-1</sup> and EC<sub>50</sub> correspond to 710 µg ml<sup>-1</sup>, respectively. In addition, essential oil exhibits a potent antioxidant, antibacterial and anticancer abilities. Indeed, it showed significant anti-proliferative activity on MCF-7 and MDA-MB- 231 cell lines. Chemical compositions of the essential oil have been investigated showing that the main components were camphene, 1,8 cineole, geranial, limonene, geraniol and α-zingiberene.

**Keywords:** Anticancer activity, phenolic compounds, Essential oil, antioxidant potential, *Zingiber officinale*.

**Résumé** - Cette étude porte sur l'évaluation des potentialités biologiques des extraits du rhizome et des huiles essentielles de *Zingiber officinale*. Les résultats obtenus ont montré une variabilité des teneurs en composés phénoliques en fonction de la méthode d'extraction utilisée. En effet, le macérât est le plus riche en polyphénols et en flavonoïdes totaux par comparaison avec l'extrait obtenu par sonication. De plus, la capacité antioxydante a confirmé la supériorité du macérât et ceci avec une meilleure propriété antiradicalaire et réductrice du fer, respectivement avec une CI<sub>50</sub> égale à 32 µg ml<sup>-1</sup> et une CE<sub>50</sub> de l'ordre de 710 µg ml<sup>-1</sup>. En outre, l'huile essentielle de *Zingiber officinale* s'est distinguée par ses hautes potentialités antioxydantes, antibactériennes et anticancéreuses. En effet, l'huile essentielle du gingembre inhibe efficacement la prolifération des cellules cancéreuses du sein avec des proportions égales à 98 % et 93%, respectivement pour les cellules MCF-7 et MDA-MB-231. Le profil chromatographique de l'huile essentielle a permis d'identifier différents composés majoritaires à savoir le camphène, le 1,8 cinéole, le géraniol, le limonène, le géraniol et le α-zingibérène.

**Mots clés :** Activité anticancéreuse, composés phénoliques, huile essentielle, potentiel antioxydant, *Zingiber officinale*.



## 1. Introduction

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une source inépuisable de molécules biologiquement actives (terpènes, polyphénols, alcaloïdes...). Ces métabolites secondaires sont utilisés dans diverses industries telles que les industries cosmétique, agroalimentaire et pharmaceutique. Ces plantes sont dotées de diverses potentialités biologiques grâce à leurs richesses en composés naturels (Panpatil et al., 2013). Parmi ces plantes on cite le gingembre (*Zingiber officinale* L.) appartenant à la famille des Zingibéracées. C'est une épice largement utilisée comme additif alimentaire depuis l'antiquité (Bartley and Jacobs, 2000). Des études pharmacologiques récentes se rapportant à *Zingiber officinale* ont révélé un large spectre d'activités biologiques. En effet, le gingembre est recommandé pour son haut potentiel antioxydant qui est prouvé plus intéressant que l'acide ascorbique (Bellik, 2014). De plus, l'huile essentielle du gingembre possède une importante propriété antioxydante vérifiée *in vitro*. Ainsi, cette activité est la meilleure que celle trouvée par le tocophérol, le BHT et le BHA (El Baroty et al., 2010). Ces potentialités antioxydantes émergent comme des puissantes alternatives aux antioxydants synthétiques. Le gingembre est doté d'autres potentialités biologiques, c'est un anti-inflammatoire puissant qui agit en inhibant la biosynthèse des prostaglandines et des leucotriènes (Ghosh et al., 2011). De même, le gingembre inhibe la prolifération cellulaire du cancer du colon (Yan et al., 2013). Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* se sont focalisées sur l'évaluation des propriétés antimicrobiennes du *Zingiber officinale* montrant un potentiel antimicrobien puissant contre les bactéries Gram<sup>+</sup> et Gram<sup>-</sup> (Taura et al., 2014). Dans ce cadre nous sommes intéressés à l'étude de la composition biochimique de cette plante miracle à travers l'extraction et l'identification des composés d'intérêt à savoir les composés volatils des rhizomes ainsi que l'évaluation de quelques activités biologiques de *Z. officinale*.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Matériel végétal

Les rhizomes de *Z. officinale* ont été achetés d'un supermarché de la Tunisie, après, ils ont été coupés et séchés à température ambiante. Ensuite, ils ont été mis à l'étuve à une température de 40°C jusqu'à l'obtention d'une masse de matière sèche stable. Une partie a été broyée en poudre fine grâce à un broyeur à billes puis conservées dans des piluliers à l'obscurité pour des analyses ultérieures et une autre partie a été conservée pour l'extraction des huiles essentielles.

### 2.2. Méthodes d'extraction

L'extraction a été effectuée par deux techniques d'extraction ; la macération et la sonication. En ce qui concerne la première méthode, 2.5 g de matière végétale sèche ont été mis en présence de 25 ml d'éthanol 30 %. Une agitation du mélange pendant 30 min suivie d'un repos pendant 24 heures à 4°C et à l'obscurité. Ce mélange a été enfin filtré sur du papier filtre sans cendre (Watman N°4). Les échantillons ont été conservés à 4°C et à l'abri de la lumière pour une utilisation ultérieure Mau et al. (2001). La deuxième technique d'extraction utilisée est l'ultrason en utilisant un sonicateur de type Sonorex Digital 10P, Bandelin. Avec les mêmes proportions (poudre/solvant), la température a été fixée à 35°C pour éviter la dégradation des composés phénoliques au cours de l'extraction. Ce processus a duré 30 min en utilisant une puissance de l'ordre de 100% (180 W) (Hammi et al., 2015). Par la suite, les extraits du gingembre ont été conservés à 4°C et à l'abri de la lumière (24h) pour être ensuite filtrés sur du papier filtre sans cendre (Watman N°4).

### 2.3. Extraction des huiles essentielles

Les rhizomes de gingembre ont été séchés à l'ombre à température ambiante, puis amenés à l'étuve pendant 2 à 3 heures. En utilisant le système clevenger, une quantité de 100 g du matériel végétal est déposée dans un ballon contenant 300 ml d'eau, relié à un réfrigérant. Le mélange eau distillée/plante est porté à ébullition par un chauffe-ballon pour générer une vapeur d'eau saturée en composés volatils. L'HE obtenue a été pesé et conservée à 4°C dans un flacon en verre opaque.

### 2.4. Dosage des composés phénoliques

#### 2.4.1. Polyphénols totaux

Une prise de 125 µl d'extrait convenablement dilué est mélangée avec 500 µl d'eau distillée et de 125 µl du réactif de Folin-Ciocalteu. Après agitation vigoureuse et repos du mélange pendant 3 min, 1250 µl d'une solution de CO<sub>3</sub>(Na)<sub>2</sub> à 7% sont ajoutés et le mélange est ajusté à 3 ml avec de l'eau distillée

(Dewanto *et al.*, 2002). Suite à un repos de 90 min à température ambiante et à obscurité, l'absorbance est mesurée à 760 nm. Une gamme étalon est préparée avec de l'acide gallique à des concentrations de 50 à 400  $\mu\text{g ml}^{-1}$ , et les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG  $\text{g}^{-1}$  MS).

#### 2.4.2. Flavonoïdes totaux

La quantification des flavonoïdes est faite selon une méthode colorimétrique décrite par Dewanto *et al.* (2002). Une prise de 250  $\mu\text{l}$  d'extrait diluée est additionnée de 75  $\mu\text{l}$  d'une solution de  $\text{NaNO}_2$  à 5%. Après une incubation de 6 min à température ambiante, 150  $\mu\text{l}$  d'une solution fraîchement préparée de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ , 10%) sont ajoutés au mélange. Ensuite, 500  $\mu\text{l}$  de soude ( $\text{NaOH}$ , 1M) sont apportés au mélange après 5 min de repos, et le volume final est porté à 2500  $\mu\text{l}$  avec de l'eau distillée. L'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 510 nm. Une gamme étalon à base de catéchine est également préparée à des concentrations allant de 50 à 400  $\mu\text{g.ml}^{-1}$ . Les teneurs en flavonoïdes des extraits sont alors exprimées en mg d'équivalents catéchine par gramme de matière sèche (mg EC. $\text{g}^{-1}$  MS).

### 2.5. Mesure de l'activité antioxydante

#### 2.5.1. Piégeage du radical DPPH

L'estimation de cette activité antiradicalaire est mesurée selon la méthode de Hanato *et al.* (1988). 1ml de l'extrait ou d'huile essentielle à différentes concentrations, est mélangé avec 250  $\mu\text{l}$  d'une solution de DPPH (0.2 mM). Suite à une agitation, le mélange est conservé pendant 30 min à l'obscurité. L'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre-UV visible, en se référant à un témoin sans extrait. L'activité antiradicalaire est estimée en pourcentage d'inhibition grâce à la formule suivante :

$$\text{PI} = (\text{DO témoin} - \text{DO extrait ou HE} / \text{DO témoin}) * 100$$

**PI** : pourcentage d'inhibition.

**DO témoin** : absorbance du témoin négatif.

**DO extrait ou HE** : absorbance de la solution d'extrait ou HE.

L'étude de la variation de l'activité antiradicalaire en fonction de la concentration des extraits ou des huiles essentielles permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition ( $\text{CI}_{50}$ ).

#### 2.5.2. Mesure du pouvoir réducteur du fer

Le pouvoir réducteur est déterminé par la méthode décrite par Oyaizu (1986). Cette méthode consiste à mélanger 1 ml de l'extrait ou de HE à différentes concentrations avec 2.5 ml de tampon phosphate (0.2 mol  $\text{l}^{-1}$ , pH 6.6) et 2.5 ml de  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  (1%). Le mélange obtenu est incubé pendant 20 min à 50° C. Ensuite, 2.5 ml de TCA (10%) sont additionnés pour arrêter la réaction, suivie d'une centrifugation à 650 g pendant 10 min à température ambiante. Enfin 2.5ml d'eau distillée et 0.5ml  $\text{FeCl}_3$  (0.1%) sont additionnés au surnageant. La lecture de l'absorbance se fait à 700 nm. Les résultats sont exprimés en concentration efficace ( $\text{CE}_{50}$ ,  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ), qui est la concentration de l'extrait ou d'huile essentielle correspondant à une absorbance égale à 0,5.

### 2.6. Activité antibactérienne

#### 2.6.1. Préparation du milieu de culture

**Milieu de Mueller Hinton.** Le milieu de Mueller Hinton est formé d'un mélange de 15 g d'agar, 17,5 g de caséine hydrolysée, 4 g d'infusion de viande de bétail et de 1,5 g d'amidon. 35g de ce milieu sont dissous à chaud dans un litre d'eau distillée, le pH final étant de 7,4. Après stérilisation par autoclavage, pendant 15 min à 120°C, le milieu est réparti dans des boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte.

**Ensemencement par inondation.** Cette étape commence par la préparation d'une suspension bactérienne. Elle consiste à prélever une souche pure et bien isolée à l'aide d'une anse, cette prise doit être dissoute dans 10 ml d'eau distillée stérile. L'absorbance de cette suspension est ajustée à 0.5 unité à 570 nm. Ensuite, ce mélange est étalé dans des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture. Afin de fixer les souches de bactéries sur le milieu gélosé, une incubation de 15 min à 37°C est effectuée. Une autre incubation de ces boîtes dans l'étuve à 37°C pendant un quart d'heure permet leur séchage et l'obtention d'un tapis de bactéries.

**Application des disques.** Des disques stériles de papier wattman de 6 mm de diamètre ont été placés sur les tapis de bactéries. Des prises de 10 µl d'extrait préparés à une concentration de 30 mg ml<sup>-1</sup> sont ensuite déposées sur les disques (Janssen et al., 1987). Après 24h d'incubation à 37°C, l'effet des extraits sur la croissance des souches autour du disque est observé. L'apparition d'un halo autour de chaque disque traduit l'inhibition de la croissance des bactéries (Baran et al., 1994).

### 2.7. Évaluation de l'activité anticancéreuse de l'huile essentielle de *Z. officinale*

La croissance cellulaire globale a été évaluée au moyen du test colorimétrique par le MTT qui est le 3[4,5-diméthylthiazol-2yl]-bromure de diphenyltétrazolium communément appelé sel de tétrazolium.

**Préparation de la culture cellulaire:** le tapis cellulaire est lavé deux fois avec 10 ml de tampon phosphate (PBS) dilué 10 fois. Par la suite, 1 ml de trypsine à 0,25% additionnée de 0,2 g EDTA est ajouté. Les cellules sont détachées et récupérées du fond du flasque. La suspension cellulaire est récupérée et centrifugée à 1000 rpm durant 5 min en rajoutant 9 ml de milieu DMEM. Après centrifugation, les cellules sont comptées avec un hématocytomètre en utilisant 10 µl de bleu de trypan à 0,4% mélangés à 10 µl de suspension cellulaire.

**Traitement:** Les cellules MCF-7 et MDA-MB-231 sont incubées pendant 24 h dans des plaques de 96 puits. Après incubation, l'huile essentielle du gingembre à différentes concentrations est additionnée à la culture cellulaire. La durée du traitement choisie est de 72 heures à 37 °C dans une atmosphère à 5 % de CO<sub>2</sub> au bout desquelles 10 µl de la solution MTT (5.0 mg/ml) sont ajoutés. Après 24 heures, 100 µl d'une solution de dodécylsulfate de sodium (10%) ou SDS ont été additionnés afin de dissoudre les cristaux de formazan ainsi formés. Après un repos de 24 heures, la lecture de l'absorbance est effectuée à une longueur d'onde de 570 nm.

### 2.8. Identification des composés volatils par CPG-FID

L'identification des composés volatils a été effectuée par une chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme. Cette dernière est équipée d'une colonne HP-5 SM (30m×0,25 mm ×0,25µm). L'Hélium (He) est utilisé comme un gaz vecteur avec un débit de 1,2/ml. La programmation de la température du four allant de 50 °C à 240 °C à raison de 5 °C/min.

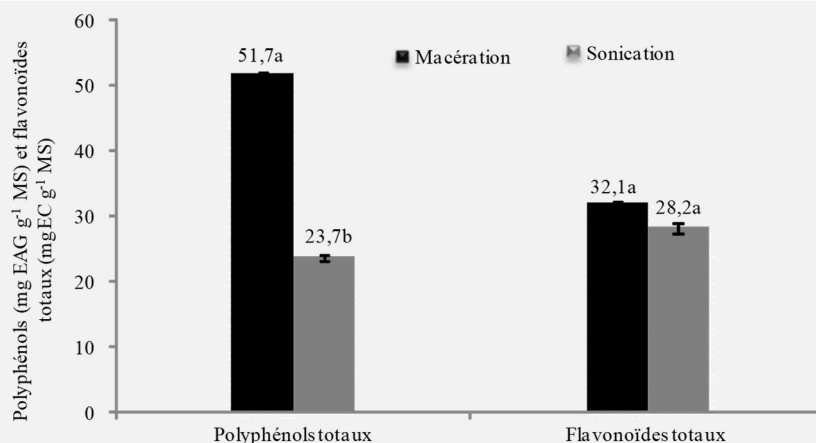
### 2.9. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en exploitant un logiciel STATISTICA où le test de DUNCAN est utilisé au seuil de significativité de p<0.05.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Effet de la méthode d'extraction sur les teneurs en polyphénols et flavonoïdes totaux

Plusieurs techniques sont utilisées afin d'extraire les antioxydants à partir des plantes à savoir, la macération, le système soxhlet, l'extraction fluide supercritique, extraction assistée par ultrasons (Diem Do et al., 2014). D'autre part, l'efficacité de l'extraction est étroitement dépendante du pouvoir extractant du solvant utilisé et du temps d'extraction. Dans cette étude l'éthanol à 30% comme solvant, a été choisi puisque l'eau ou l'éthanol ou aussi leurs mélanges sont recommandés pour la préparation des extraits de plantes. En effet, la différence entre leurs polarités permet une meilleure extraction. Ainsi, une variabilité significative des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux a été montrée en fonction de la méthode d'extraction utilisée. En effet, les extraits obtenus par macération sont significativement plus riches en polyphénols totaux que ceux obtenus par sonication (Figure 1). Le macérât renferme des teneurs en polyphénols atteignant pratiquement le double de celles obtenues dans l'extrait de sonication avec des teneurs de l'ordre de 51,7 et 23,7 mg EAG g<sup>-1</sup> MS, respectivement. Ces résultats sont plus intéressants que ceux trouvés par Chen et al. (2008) qui ont montré que les teneurs en polyphénols totaux des extraits des rhizomes de *Zingiber kawagoii* Hayata et *Zingiber oligophyllum* sont respectivement de l'ordre de 28 et 20 mg EAG g<sup>-1</sup> MS. Concernant les flavonoïdes, la méthode d'extraction n'a aucun effet sur les teneurs en ces métabolites. Ces molécules bioactives sont de l'ordre de 32,1 mg EC g<sup>-1</sup> MS pour les extraits obtenus par macération et 28,2 mg EC g<sup>-1</sup> MS en utilisant la sonication.

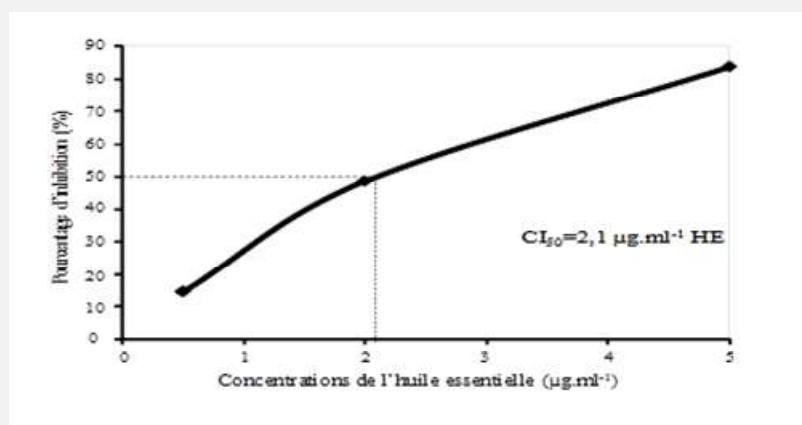


**Figure 1.** Variation des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux des rhizomes de *Zingiber officinale* obtenues par deux méthodes d'extraction.

### 3.2. Effet de la méthode d'extraction sur les potentialités antioxydantes

Les résultats concernant l'activité antiradicalaire mettent en évidence une variabilité en fonction de la méthode d'extraction et entre les extraits et l'huile essentielle. Ainsi, les extraits obtenus par macération sont beaucoup plus efficaces que ceux obtenus par sonication présentant une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $32 \mu\text{g ml}^{-1}$  (Tableau 1). Ces résultats sont plus efficaces que ceux trouvés par Jelled et al. (2015) qui ont dévoilé que l'extrait de la même espèce présente une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $360 \mu\text{g ml}^{-1}$ . Il en est de même pour l'activité réductrice du fer, les  $CE_{50}$  les plus faibles ont été marqués dans les extraits obtenus par macération ( $710 \mu\text{g ml}^{-1}$ ). Ces meilleures performances de cet extrait sont probablement dû à sa richesse en métabolites secondaires notamment l'acide *p*-coumarique et l'acide ascorbique.

En outre, la cinétique de dégradation du radical synthétique en fonction des concentrations croissantes de l'huile (Figure 2) a permis de préciser une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $2,1 \mu\text{g ml}^{-1}$  correspondant à la réduction de 50% du radical DPPH initialement additionné à la solution. L'huile essentielle de gingembre se spécifie par la meilleure potentialité à neutraliser le radical DPPH par rapport aux deux extraits étudiés. Comme pour l'activité antiradicalaire, la comparaison des concentrations efficaces à 50% de l'huile essentielle et des extraits de *Z. officinale* a révélé un effet tangible sur les potentialités réductrices du fer de ce métabolite. En effet, l'HE exhibe la plus faible valeur de  $CE_{50}$  qui est de l'ordre de  $3,1 \mu\text{g ml}^{-1}$ . Dans ce même contexte, Kumari et al. (2014) ont montré que le pouvoir réducteur du fer de l'huile essentielle de *Z. officinalis* originaire de l'Inde est de l'ordre de  $190 \mu\text{mol/g MS}$ .



**Figure 2.** Courbe de l'évolution de l'inhibition (%) du radical synthétique DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des rhizomes de *Z. officinale*.



### 3.3. Activité antibactérienne

Le test d'évaluation de l'activité antibactérienne sur milieu solide, consiste à déterminer la présence ou l'absence d'inhibition de la croissance bactérienne en présence des différents extraits et de l'huile essentielle du gingembre. Cette activité a été estimée par la mesure du diamètre des halos d'inhibition des 5 souches de bactéries pathogènes : *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 4141, *Escherichia coli* ATCC 35218, *Bacillus subtilis* CIP 5265, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 et *Enterococcus faecalis* ATCC 2212. L'analyse des résultats présentés dans le tableau 2, a montré que l'extrait obtenu par macération semble le plus actif par rapport à l'extrait obtenu par sonication, puisqu'il présente une activité assez élevée contre les deux souches *Enterococcus faecalis* et *Pseudomonas aeruginosa* (ZI=  $10 \pm 0,58$ ). Quant à l'extrait obtenu par sonication, seule la bactérie *Enterococcus faecalis* s'est avérée sensible avec un diamètre de la zone d'inhibition de l'ordre de 10 mm. Ces deux extraits n'ont présenté aucune activité antibactérienne contre *S. aureus* *E. coli*.

Quant à l'huile essentielle, une meilleure potentialité antibactérienne a été déterminée. Elle a totalement inhibé la croissance des bactéries suivantes *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* et *Enterococcus faecalis* ATCC2212. De même, l'HE présente une activité très élevée contre *Staphylococcus aureus* avec un diamètre d'inhibition de l'ordre de 18,3 mm. Ainsi, l'huile essentielle de cette espèce étudiée est plus puissante que celle de *Zingiber cassumunar* qui s'est montrée inactive contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, et avec une faible activité sur *E. coli* dont le diamètre de la zone d'inhibition est de l'ordre de 7,5 mm (Kamazeri et al., 2012).

### 3.4. Étude de l'activité anticancéreuse de l'huile essentielle de *Z. officinale*

L'activité anticancéreuse a été évaluée grâce au test MTT. La figure 3 montre l'effet de l'huile essentielle de gingembre sur les cellules cancéreuses du sein (MCF-7 et MDA-MB- 231). L'analyse des résultats a dévoilé que l'huile essentielle inhibe efficacement la prolifération des deux lignées cellulaires. Il est important de noter que l'inhibition de la prolifération des carcinomes dépend de la concentration de l'huile essentielle. En effet, ce dernier inhibe la prolifération du carcinome MCF-7 avec un pourcentage d'inhibition de l'ordre de 98% et ceci à une concentration de l'ordre de 0,1% alors qu'il inhibe 93% de la croissance des cellules MDA-MB- 231. De ce faite, l'activité est plus prononcée contre les MCF-7, montrant presque 100% de mortalité et ceci à une concentration de l'ordre de 0,15%. Cette activité est due probablement à la présence des composés volatils à effet efficace tel que le 1,8 cinéole. Ce monoterpène présente une activité anticancéreuse intéressante contre le cancer du colon (HCT-116) en induisant une apoptose spécifique de ce type de cancer *via* la division des protéines poly-ADP-ribose polymérase et la caspase 3 (Murata et al., 2013).

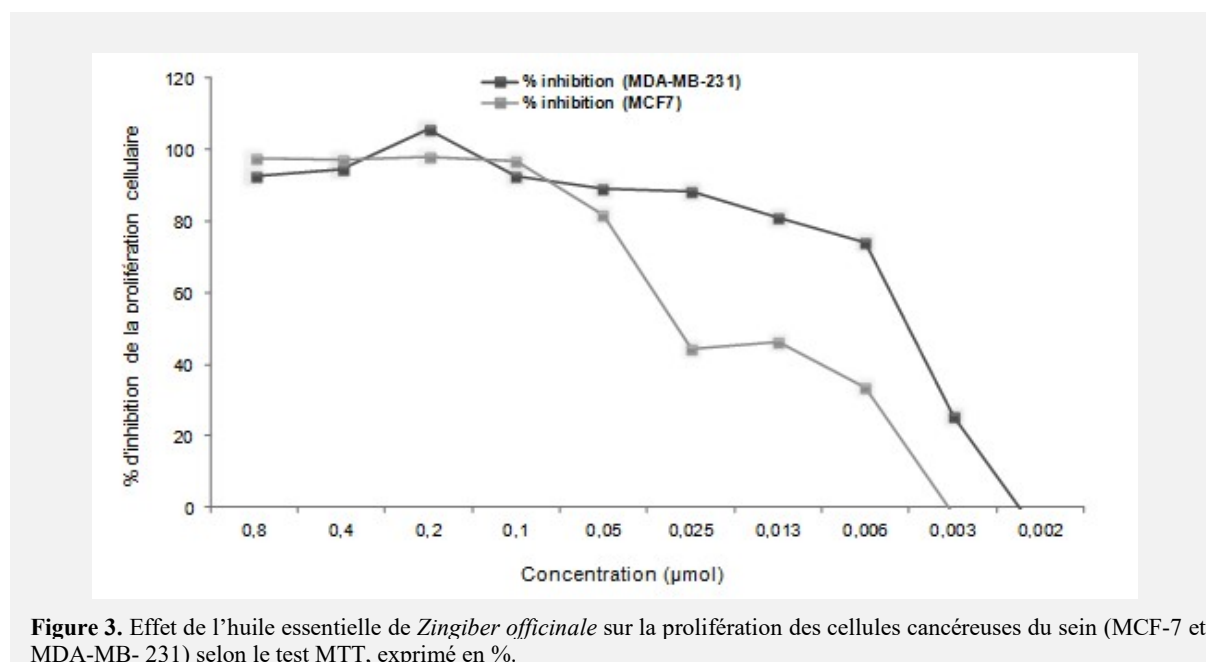
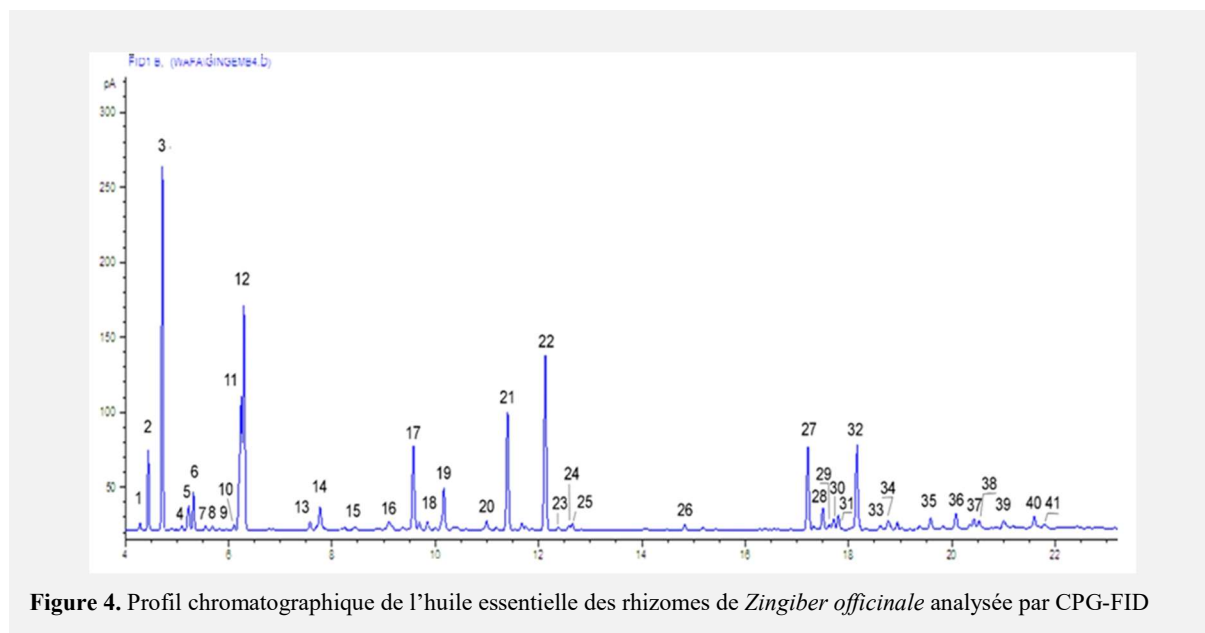


Figure 3. Effet de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur la prolifération des cellules cancéreuses du sein (MCF-7 et MDA-MB- 231) selon le test MTT, exprimé en %.

### 3.5. Analyse quantitative et qualitative des principaux composés volatils de l'huile essentielle de *Z. officinale*

L'analyse de la composition chimique de l'huile essentielle par le CPG-FID a permis d'identifier les différents composés ainsi que le pourcentage de chacun par rapport à la quantité totale d'huile.

Le profil chromatographique a montré la présence de 39 composés volatils représentant des pics d'ampleurs distinctes (figure 4). Cette huile essentielle se caractérise par la présence des composés majoritaires à savoir le camphène, le 1,8 cinéole, le géraniol, le limonène, le géraniol et le  $\alpha$ -zingibérène avec 16,62%, 12,71%, 11,51%, 10,07%, 7,49% et 3,32% respectivement (Tableau 3). Le reste du profil est constitué de plusieurs pics séparés de taille moindre et avec des proportions variables allant de 0,02% à 3,47%. Parmi ces composés on cite l' $\alpha$ -pinène, le linalool, le curcumène, le bornéol, le sabinène, le *p*-cymène, le myrcène. D'autres travaux ont été effectués par Sivasothy et al. (2011) ont permis de dévoiler que l'huile essentielle des feuilles de *Z. officinale* renferme plusieurs composés avec la  $\beta$ -caryophyllène (31.7%) comme composé majeur. Les études focalisées sur les rhizomes ont montré que ces organes se caractérisent par la dominance du camphène (14.5%), du géraniol (14.3%), et de l'acétate de géranyle (13.7%). D'autres études ont rapporté que l'analyse de l'huile essentielle de *Zingiber cassumunar* présente des taux appréciables du 3-Carène, de limonène, du  $\gamma$ -terpinène et du myrcène, et avec une dominance de l' $\alpha$ -Caryophyllène (23.92%) (Kamazeri et al., 2012).



## 4. Conclusion

Dans cette étude, les résultats obtenus mettent en évidence l'efficacité de la macération pour l'extraction des composés phénoliques. Ces extraits sont dotés des meilleures potentialités biologiques (antioxydante et antibactérienne). De plus, l'huile essentielle semble le plus actif dans cette étude puisqu'elle présente une haute performance biologique. Ces bio-activités sont probablement dues à la richesse de l'huile essentielle en composés volatils antioxydants, antibactériens et cytotoxiques.

## 5. Références

- Baran EJ, Peterson LR, Finegold SM (1994)** Methods for testing Antimicrobial Effectiveness in Bailey and Scott's Diagnostic Microbiology, ninth Ed, St. Louis, Missouri. 168-188.
- Bartley J, Jacobs, A (2000)** Effects of drying on flavour compounds in Australian grown ginger (*Zingiber officinale*). J Sci Food Agric 80 : 209–215.
- Bellik Y, Benabdesselam F, Ayad A, Dahmani Z, Boukraa L, Nemmar A (2014)** Antioxidant activity of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe as affected by chemical environment. Int J Food Prop 16:1304–1313.
- Chen IN, Chang CC, Dong CC (2008)** Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. Plant Foods Mar 63:15-20.

- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu, RH (2002)** Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014
- Diem D, Artik Elisa, Angkawijaya P, Nguyen LT, Huynh LH, Felycia Soetaredjo E, Ismadji S, Yi HJ (2014)** Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *J Food and Drug Anal* 22: 296-302.
- El Baroty GS, Abd El-Baky HH, Farag RS, Saleh MA (2010)** Characterization of antioxidant and antimicrobial compounds of cinnamon and ginger essential oils. *Afr J Biochem Res* 4: 167-174.
- Ghosh S, Banerjee HI, Mullick J, Banerjee (2011)** Species-specific AFLP markers for identification of *Zingiber officinale*, *Z. montanum* and *Z. zerumbet* (Zingiberaceae). *Genet Mol Res* 8:218-29.
- Hammi KM, Jdey A, Abdelly C, Majdoub H, Ksouri R (2015)** Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food Chem* 184:8 0–89.
- Hanato T, Kagawa H, Yasuhara T, Okuda T (1988)** Two new flavonoids and other constituents in licorice root their relative astringency and radical scavenging effect. *Chem Pharm Bull* 36: 1090-1097.
- Janssen M, Scheffer JJC, Baerheim Svendsen A (1987)** Antimicrobial activity of essential oils: A 1976-1986 literature review. Aspects of the test methods. *Planta med* 5: 395-398.
- Jelled A, Fernandesb A, Barrosb L, Chahdourab H, Achourc L, Ferreira I, Ben Cheikh H (2015)** Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes. *Ind Crops Prod* 77:30-35.
- Kamazeri S, Amirah T, Othman, AS, Muhammad T, Susanti D, Qaralleh H (2012)** Antimicrobial activity and essential oils of *Curcuma aeruginosa*, *Curcuma mangga*, and *Zingiber cassumunar* from Malaysia. *Asi Pac J of Tropical Med* 5: 202-209.
- Kumari AJ, Venkateshwarlu G, Choukse MK., Anandan R (2014)** Effect of Essential Oil and Aqueous Extract of Ginger (*Zingiber Officinale*) on Oxidative Stability of Fish oil-in-Water Emulsion. *J Food Process Technol* 6: 412-423.
- Mau JL, Chao GR, Wu KT (2001)** Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms. *J Agric Food Chem* 49: 5461-5467.
- Murata S, Shiragami R, Kosugi C, Tezuka T, Yamazaki M, Hirano A, Yoshimura Y, Suzuki M, Shuto, K, Ohkohchi N, Koda K (2013)** Antitumor effect of 1, 8-cineole against colon cancer. *Oncol Rep* 30:2647-52.
- Oyaizu M (1986)** Studies on products of the browning reaction: Antioxidant activities of browning reaction. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
- Panpatil VV, Tattari S, Kota N, Nimgulkar C, Polasa K (2013)** In vitro evaluation on antioxidant and antimicrobial activity of spice extracts of ginger, turmeric and garlic. *J Pharm Phytochem* 3: 143-148.
- Sivasothy Y, Chong WK, Hamid A, Eldeen IM., Sulaiman SF, Awang K (2011)** Essential Oils of *Zingiber officinale* var. *Rubrum* Theilade and Their antibacterial Activities. *Food Chem* 124: 514-517.
- Taura DW, Lawan S, Gumel SM, Umar S, Sadisu UF (2014)** Anti bacterial activity of ethanolic extract of *Zingiber officinale* and *Pipiper nigrum* against some clinical isolates. *Commun Appl Sci* 2: 52-64.
- Yan L, Kim-Turgeon D, Benjami, D, Elkhansa-Sidahmed M (2013)** Effect of ginger root on cyclooxygenase-1 and 15-hydroxyprostaglandin dehydrogenase expression in colonic mucosa of humans at normal and increased risk for colorectal cancer. *Eur j Cancer Prev* 22: 455-460.