

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique*
جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل
Université Med - Seddik Benyahia – Jijel -

Faculté des Sciences de la Nature
et de la Vie



Département de des sciences de
l'Environnement et Sciences
Agronomiques

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : Toxicologie de l'environnement

Thème

***Recherche de résidus de pesticides dans les
échantillons de tomates cultivés sous serre :
étude de cas***

Jury de soutenance:

***Présidente : M^{me} Roula M.
Examinatrice : M^{me} Chebheb S.
Encadreur : Pr Leghouchi E.***

Présenté Par :

M^{elle} AMIMOUR Khadidja

Session (Juin 2017)

Numéro d'ordre (réservé à la bibliothèque).....

Laboratoire de l'écotoxicologie – Université de Jijel

A decorative scroll graphic with the word "Remerciements" written on it. The scroll is white with a black outline and is partially unrolled, showing the word in a large, black, serif font. The scroll is positioned horizontally across the middle of the page.

Remerciements

Remerciements

Louange à "Allah" créateur des cieux et de la terre, qui a révélé la science à notre Maître et Prophète Mohammed –que "Allah" le bénisse et le salue- pour qu'il fasse sortir les hommes des ténèbres vers la lumière, avec sa permission.

Avant tout je remercie "Allah" le tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail, atteindre mes buts et réaliser ainsi un rêve.

Je tiens à remercier mon encadreur Monsieur Leghouchi E., professeur et doyen de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Jijel, de m'a avoir encadré avec efficacité et d'avoir guidé mes efforts avec enthousiasme, tout au long de ce travail. Il a toujours su, malgré ses lourdes charges, me prodiguer des conseils justes et précis qui m'ont permis d'avancer très vite dans mon travail. Aussi je le remercie sincèrement pour sa patience, sa disponibilité exceptionnelles, son amabilité qui lui ont valu le respect et la sympathie de tous les étudiants.

Je présente à M^{me} Roula M mes remerciements respectueux pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mémoire.

Je témoigne toute mes gratitude à M^{me} Chebbeb S pour son aide et collaboration et d'avoir donné la peine d'examiner mon travail.

Mes sincères remerciements vont à M^{elles} Ben belli Sara et Boussebt Dounya, pour leurs aides précieux, leurs conseils, leurs gentillesse et leurs encouragements.

Toute ma gratitude va aussi à mes parents, frères et sœurs pour leur soutien moral et matériel tout au long de nos études et durant ce mémoire.

Que DIEU nous accorde son aide dans tous nos projets et nos activités.



Liste des figures

Figure 1 : La circulation des pesticides dans la nature (Incluant les cultures).....	8
Figure 2 : Echantillons 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de tomate analysés	25
Figure 3 : Séchage de la tomate	26
Figure 4 : Tomate en poudre obtenue par le broyage.....	26
Figure 5 : Etape d'extraction conventionnelle par soxhlet.....	27
Figure 6 : Etape d'évaporation	28
Figure 7 : Appareil de CPG-SM.....	29
Figure 8 : Méthodologie adoptée en vue de la recherche des résidus de pesticides dans la tomate. .	29

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 1 par GC-MS.....	31
Tableau 2 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 2 par GC-MS.....	32
Tableau 3 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 3 par GC-MS.....	34
Tableau 4 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 4 par GC-MS.....	35
Tableau 5 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 5 par GC-MS.....	36
Tableau 6 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 6 par GC-MS.....	36

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Liste des abréviations

CIRC: Centre Internationale de Recherche sur le Cancer,
DBCP : 1,2-Dibromo-3-chloropropane,
DBP: Phtalate de dibutyle,
DDD: Dichloro Diphényl Dichloroéthane,
DDE :Dichlorodiphenyldichloroethylene,
DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane,
DEHP : Phtalate de bis,
FAO: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture,
HLC: Coefficient de la Loi d'Henry,
Kow ou Log Kow : Coefficient de Partage entre l'Octanol et l'Eau,
LMR : limites maximales de résidus
LNH : lymphome Non Hdgkinien,
OCP : Organochlorés,
OMS : Organisation Mondiale de Santé,
OPP: Organophosphorés,
PCB : Biphényles polychlorés,
PNUE: Programme des Nations unies pour l'environnement,
POPs : Polluants organiques persistants,
RP : Résidus de pesticides,
STS : Sarcome de Tissus Mous,
TR : temps de rétention,
UE: Union Européenne,
VP : Pression de la Vapeur,
CPG-SM : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse,
2,4-D: 2,4-Dichlorophénoxyacétique,
2,4,5-T : Acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the center, with the word 'Sommaire' written on it. The top and bottom edges of the scroll are curved, and there are small gray circles at the corners where the scroll would be rolled up.

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre 1 : Généralités sur les pesticides.....	4
I Définition d'un pesticide.....	4
II Définition de résidu de pesticide	4
III Classification des pesticides.....	5
III.1 Classification chimique	5
III.1.1 Les pesticides inorganiques.....	5
III.1.2. Les pesticides organiques.....	5
III.1.3. Les biopesticides	5
III.2. Classification biologique.....	6
III.3. Classification selon l'usage	6
III.3.1. Les pesticides à usage agricole.....	6
III.3.2. Les pesticides à usage non agricole.....	6
IV. Mode de formulation.....	6
V. Intérêt des pesticides	6
VI. Propriétés physiques et chimiques des pesticides	7
VII. Dispersion des pesticides dans l'environnement	8
VIII. Impacts des pesticides sur les écosystèmes.....	8
VIII.1. Impact sur le sol	8
VIII.2. Impact sur le compartiment aérien	9
VIII.3. Impact sur le compartiment aquatique	10
IX. Contamination des cultures : cas des fruits et légumes.....	11
X. Décontamination des fruits et légumes	11
Chapitre 2 : Pesticides est santé humaine.....	14
I. Notion de la toxicité.....	14
II. Pesticide et xénobiotique	14
III. Les voies d'exposition aux pesticides	14
III.1 La voie orale.....	15
III.2 La voie respiratoire.....	15
III.3 La voie cutanée.....	15
IV. Population exposée aux pesticides	15
V. Toxicologie mécaniste des pesticides.....	16
VI. Toxicité des pesticides	16
VI.1 Les toxicités aiguës ou subaiguës	16
VI.2. Les toxicités chroniques.....	17
VI.2.1. Effet cancérigène.....	17
VI.2.2. Effet sur la reproduction et le développement	17
VI.2.3. Pesticides et lait maternel.....	18
VI.2.4. Effets sur le système immunitaire	18
VI.2.5. Effets allergiques.....	18
VI.2.6. Effet sur le système endocrinien	19
VI.2.7. Effet neurologique.....	19
VI.2.8. Hépatotoxicité	19

VII. Niveau de toxicité	19
VIII. Facteurs influençant la toxicité intrinsèque des pesticides.....	20
IX. Règlementation	20
Chapitre 3 : Matériels et méthodes.....	24
I Préparation des Echantillons	24
I.1 Prélèvement et transport	24
I.2 Séchage et broyage	25
II Méthodes d'extraction et d'analyse des résidus des pesticides.....	26
II.1. Extraction par soxhlet et concentration des résidus de pesticides	26
II.2. Analyse des échantillons par CPG-SM	28
II.2.1. Principe de la CPG-SM	28
II.2.2. Conditions chromatographiques	28
Chapitre 4 : Résultats et discussion.....	31
I. Résultats.....	31
II. Discussion.....	37
Conclusion.....	Error! Bookmark not defined.
Références bibliographiques	43
Annexe	XLIV



Introduction

Introduction

Au cours de ces dernières années, l'agriculture a profondément changé avec une utilisation massive de pesticides et d'engrais pour améliorer la protection et la production des cultures, la qualité et la préservation des aliments [1].

En raison de leur utilisation répandue, de leur stabilité, de leur toxicité sélective et de leur bioaccumulation, les pesticides sont parmi les substances les plus toxiques contaminants l'environnement. Ils sont particulièrement dangereux dans les fruits et légumes, par lesquels les gens y sont exposés, ce qui a suscité de nombreuses inquiétudes au sujet des effets négatifs potentiels de ces produits chimiques sur la santé humaine [2], dont ils sont responsables des intoxications aiguës ainsi que des effets à long terme, y compris le cancer et les effets néfastes sur la reproduction [1]. Il est donc crucial de surveiller les résidus de pesticides dans les fruits et légumes en utilisant toutes les méthodes d'analyse disponibles [2].

La tomate est parmi les fruits et légumes les plus consommés par la population algérienne y compris la population jijilienne. Avec l'apparition de la serre agricole qui a apporté pour la culture de la tomate l'avantage de mûrissement précoce, la tomate a changé son caractère saisonnier à un légume disponible pour les consommateurs tout au long de l'année. Vu son usage quotidien dans la cuisine algérienne en quantités importantes, il est de notre intérêt, afin de préserver la santé de la population, de surveiller la présence ou non des résidus de pesticides des tomates cultivées sous serres.



Plusieurs travaux de recherches ont été menés sur la recherche des résidus de pesticides dans les fruits et légumes à l'échelle nationale et internationale. Mais ces études restent très limitées sur la tomate.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de risque environnemental et sanitaire, il a pour but la recherche des résidus de pesticides dans les tomates cultivées sous serres. Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de l'Ecotoxicologie de l'université de Jijel.

Le manuscrit est articulé autour de deux grandes parties, la première partie est consacrée à la description des données bibliographiques permettant de connaître les différentes informations concernant les pesticides et leurs effets sur la santé humaine. La seconde partie, expérimentale, comporte l'extraction et l'analyse des résidus des pesticides susceptibles d'être présents dans les tomates.



Synthèse Bibliographique



*Chapitre 1 : Généralités
sur les pesticides*

I Définition d'un pesticide

Il existe plusieurs définitions d'un pesticide, en 1989 l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a défini un pesticide comme toute substance ou un mélange de substances destinées à la prévention, la destruction ou le contrôle de tout parasite incluant les vecteurs de maladies humaines ou animales et les espèces végétales ou animales indésirables causant des dommages ou interférant avec la production, le traitement, le stockage ou le marketing d'aliments, de matières premières agricoles, du bois ou de produits en bois ou d'aliments pour les animaux [3].

Les pesticides, encore appelés produits phytopharmaceutiques [4] incluent les produits chimiques utilisés comme des régulateurs de croissance, des défoliants, des dessiccatifs, des agents d'amincissement de fruit ou des agents empêchant la chute prématurée de fruits et la détérioration de denrées alimentaires pendant le stockage ou le transport [3]. Le terme exclut cependant de tels produits chimiques comme les engrais, les nutriments pour les animaux et les plantes, les additifs alimentaires et les médicaments pour les animaux [5].

Le terme pesticide est aussi défini par la FAO en collaboration avec le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) en 1990 comme des produits chimiques conçus pour combattre les attaques de divers parasites et vecteurs aux récoltes agricoles, animaux domestiques et êtres humains [5].

Les définitions ci-dessus impliquent que, les pesticides sont des agents chimiques toxiques principalement organiques délibérés dans l'environnement pour lutter contre les parasites de cultures et les vecteurs de maladies [5].

II Définition de résidu de pesticide

Un résidu de pesticide (RP) désigne toute substance restant dans les denrées alimentaires agricoles ou d'origines animales par suite de l'utilisation d'un pesticide. Le terme comprend également tous les dérivés d'un pesticide, tels que les produits de conversion et de réaction, les métabolites et les impuretés pertinents sur le plan toxicologique [6].

III Classification des pesticides

Il existe plusieurs critères de classification des pesticides: selon leurs origines chimiques, selon les organismes vivants visés et selon leurs usages.

III.1 Classification chimique

Parmi les pesticides agricoles on peut faire la distinction entre les composés inorganiques, les produits organiques synthétisés et les biopesticides [7].

III.1.1 Les pesticides inorganiques

Les pesticides inorganiques ne contiennent pas de carbone dans le cadre de leur composition chimique [8]. Ils sont basés sur des éléments chimiques qui se ne dégradent pas [7]. Ces composés ont généralement des poids moléculaires relativement faibles et contiennent souvent moins de 10 atomes. Beaucoup d'entre eux ont des effets toxiques. Généralement, leur usage est interdit, mais certains composés comme le sulfate de cuivre sont toujours utilisés aujourd'hui comme algicide dans les étangs de poissons [8].

III.1.2. Les pesticides organiques

Les pesticides organiques synthétisés sont dérivés chimiquement des produits pétroliers [7]. Certains d'entre eux sont persistants et font partie d'un plus grand groupe de substances chimiques connu sous le nom de polluants organiques persistants (POPs). Actuellement certain pesticides sont parmi les POPs interdits par la convention de Stockholm. Ils comprennent des insecticides qui jouent un rôle important dans la lutte contre les maladies à transmission vectorielle et dans l'augmentation de la production alimentaire [9].

III.1.3. Les biopesticides

Ils sont des substances dérivées de plantes ou d'animaux. Ils peuvent également consister d'organismes et comprennent des moisissures, des bactéries, des virus, et des nématodes, des composés chimiques dérivés de plantes ainsi que des phéromones d'insectes. Certains pesticides biologique comme la nicotine, peuvent être fort toxiques et leur utilisation est tout aussi risquée que celle de beaucoup de pesticides inorganique ou synthétiques. Les fleurs de Pyrethrum, les extraits de racines de Derris elliptica et les feuilles et fleurs de l'arbre Neem (Azadirachta spp) sont moins toxiques pour les humains, ils ont été employés en tant qu'insecticides [7].

III.2. Classification biologique

Elle se fait selon les organismes vivants visés. Dans cette classification, on trouve plusieurs catégories de pesticides : insecticides, acaricides, fongicides et herbicides [10].

III.3. Classification selon l'usage

Les pesticides sont séparés en deux groupes, selon leurs utilisations :

III.3.1. Les pesticides à usage agricole ou produits phytopharmaceutiques qui sont des substances chimiques minérales ou organiques, de synthèse ou naturelles. Elles sont utilisées pour la protection des végétaux contre les maladies et contre les organismes nuisibles aux cultures.

III.3.2. Les pesticides à usage non agricole ou biocides qui sont similaires aux premiers, utilisés par exemple en hygiène publique (lutte anti-vectorielle) et dans d'autres applications comme la conservation du bois, la désinfection, ou certains usages domestiques [11].

IV. Mode de formulation

Formulation est le terme qui désigne la forme sous laquelle un pesticide est vendu [7]. Elle a pour but de garantir la sécurité sanitaire, l'efficacité et la facilité d'usage des pesticides. Les types de formulation de pesticides les plus fréquemment utilisés sont les poussières, les solutions aqueuses, les poudres dispersibles et les concentrés émulsifiables, tous ont leurs limites. Des formulations plus sophistiquées ont été développées qui offrent des risques de manipulation réduits et fournissent un meilleur contrôle du placement et de la persistance. Ceux-ci incluent des granules, des dispersions colloïdales et des formulations encapsulées avec une large gamme de taille de particules [12].

V. Intérêt des pesticides

Les pesticides sont utilisés de plus d'un siècle, leurs diverses applications concernent une grande variété de domaines relatifs à plusieurs aspects d'activités humaines. Trois groupes d'intérêts sont envisagés qui sont donc la protection de végétaux et de leurs produits, les aspects sanitaires liés aux organismes nuisibles et l'entretien des espaces non agricoles [10].

VI. Propriétés physiques et chimiques des pesticides

Les propriétés physiques et chimiques de chaque substance sont ses principales caractéristiques intrinsèques mesurables, indispensables notamment dans le domaine de l'évaluation des dangers et des risques. Ils vont conditionner non seulement le devenir de chaque substance, ses concentrations finales ou temporaires dans chaque compartiment, mais également ses propriétés toxicologiques et de danger [13]. Les principales propriétés physiques et chimiques sont présentées ci-dessous :

L'état physique : Solide, cristallisé ou amorphe, liquide ou gaz ou si la couleur et l'odeur peuvent être précisées [13].

La solubilité dans l'eau c'est la concentration d'un produit chimique dissous dans l'eau lorsque cette eau est à la fois en contact et à l'équilibre avec le produit chimique pur (en mg/L) [13]. Les substances chimiques qui ont des solubilités élevées resteront dans l'eau et auront tendance à ne pas être adsorbés sur le sol et les organismes vivants [14].

La polarité signifie une inégalité de charge dans une molécule [15].

L'hydrolyse signifie qu'un produit chimique a réagi avec de l'eau pour former un nouveau produit. Les taux d'hydrolyse des pesticides sont généralement décrits en demi-vie, ce qui correspond à la quantité de temps nécessaire pour hydrolyser la moitié d'une substance chimique.

La volatilité est l'une des principales voies de transport par lesquelles les pesticides passent de l'eau et des sols à l'atmosphère. Certains pesticides sont plus volatils que d'autres, donc ils seront différents dans le montant transporté. Un produit chimique extrêmement volatil est préoccupant car un pesticide aérien peut être rapidement répandu sur une grande surface par le vent. Un produit chimique qui n'est pas volatil peut s'accumuler sur le sol ou la surface de l'eau et être transporté dans la couche de sol jusqu'à l'eau souterraine [14].

La pression de vapeur est le paramètre qui peut être utilisé pour estimer la tendance d'un composé à se volatiliser et à se diviser en phase gazeuse (en millimètre de mercure mmHg) [16].

La constante de loi de Henry (HLC), également connue sous le nom de coefficient de partage air-eau, est une constante thermodynamique caractérisant la capacité d'un soluté à se diviser entre l'air et l'eau [17].

Le coefficient de partage octanol/eau (K_{ow}) indique la tendance à s'accumuler dans les membranes biologiques donc dans les organismes vivants (bioaccumulation) [18].

VII. Dispersion des pesticides dans l'environnement

Les préoccupations suscitées par l'impact environnemental de l'utilisation répandue des pesticides ont incité les chercheurs à étudier le devenir de ces agents dans l'environnement [2] c'est-à-dire leur rétention, leur transport et leur dégradation qui dépend de leurs propriétés ainsi que de celles des compartiments de la biosphère concernés [9]. En effet, les pesticides peuvent migrer des champs traités vers l'air, l'eau et les sols voisins et s'accumulent dans les cultures et les organismes (figure 1) [2].

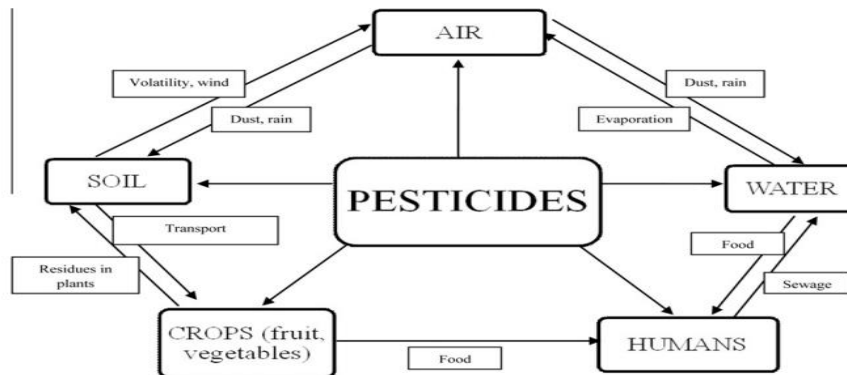


Figure 1: La circulation des pesticides dans la nature (Incluant les cultures) [2]

VIII. Impacts des pesticides sur les écosystèmes

VIII.1. Impact sur le sol

Le comportement des pesticides dans les sols est conditionné par divers processus qui sont la biodégradation, la dégradation chimique, la rétention par les composants organiques et minéraux, l'absorption par les racines des plantes, la volatilisation et l'effet de dilution par les mouvements de l'eau [4].

Dans le compartiment sol, la mobilité de la substance active est réduite par son adsorption sur les particules du sol. L'absorption n'est pas un état figé et les molécules piégées au niveau du sol et alors inoffensives peuvent être désorbées suite à des modifications des conditions de pH par exemple et exercer alors leurs effets néfastes sur les organismes du sol voire migrer vers les eaux superficielles et souterraines [4].

Une étude a déterminé que les composants organiques et inorganiques du sol argileux présentaient 11 et 89% de sa masse, et contribuaient respectivement à 63 et 32% de l'affinité du sol argileux pour l'atrazine [19].

Une proportion importante (20 à 70%) d'un pesticide (ou de ses métabolites) peut persister dans le sol liée aux colloïdes. Cependant, ces composés peuvent être relargués ou lixiviés vers les nappes. La persistance des substances actives peut être très longue dans un sol sec [20].

Une autre étude a démontré le phénomène de lixiviation des pesticides en dessous de la zone racinaire par les pluies torrentielle dans les sols sableux et limoneux. Les quantités lixiviées des pesticides pouvant atteindre jusqu'à 5% de la masse initiale appliquée [21].

De nombreuses publications fournissent des preuves sur les effets des pesticides sur les populations d'un large éventail de microorganismes du sol. Il a été constaté que le fongicide mancozèbe a exercé un effet inhibiteur à long terme sur les bactéries aérobies fixatrices d'azote dans le sol naturel, et sur le groupe oxydant d'ammonium des bactéries nitrifiantes. De plus La diversité microbienne des champignons saprotrophes peut être sensiblement modifiée suite à l'utilisation de fongicide fenpropimorphe. En augmentant la concentration de ce dernier les effets ont été produits sur les interactions entre les bactéries hétérotrophes et leurs prédateurs protozoaires [22].

VIII.2. Impact sur le compartiment aérien

La présence des pesticides dans l'air est causée par plusieurs facteurs comme la volatilisation et les phénomènes d'évaporation, de codistillation avec l'eau ou d'érosion éolienne [4] dont leur répartition dans les trois phases d'air liquide, gazeuse et particulaire dépend strictement de leurs propriétés physico-chimiques [23].

Un travail de recherche porte sur le transport local des produits phytosanitaires depuis les zones d'épandage vers la zone urbaine de Strasbourg où il a été mis en évidence des concentrations en métolachlore, alachlore, trifluraline, atrazine et diflufénicanil dans l'air plus importantes pendant les périodes de traitements. Les processus de dépôts de pesticides par les pluies en zone urbaine et rurale étaient aussi étudiés. Le métolachlore et l'alachlore ont été retrouvés à des concentrations élevées dans les eaux de pluie (jusqu'à 5,9 $\mu\text{g. L}^{-1}$ pour l'alachlore sur le site de Strasbourg dans les pluies du 28 avril 2003 au 15 mai 2003) [23]. En Suède des concentrations de phtalate de dibutyle (DBP) et de phtalate de bis (DEHP) ont été retrouvées dans l'air et les pollutions aéroportées de 14 localités [24].

Dès le début des années 50, des mortalités d'oiseaux ont été rapportés dans des champs traités au dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) ou avec d'autres produits. Il s'agissait

d'empoisonnements secondaires, les oiseaux ayant gobé des insectes handicapés par les effets de l'insecticide [25].

VIII.3. Impact sur le compartiment aquatique

L'eau peut entraîner la dispersion des pesticides dans le milieu par lavage des feuilles, ruissellement et lixiviation. Le ruissellement contribue à la pollution des eaux de surface tandis que la lixiviation contribue surtout à celle des eaux profondes [4].

Une étude a été effectuée sur quelques pesticides (triazines, acétanilides, organophosphates et organochlorés (OCP)) dans les écosystèmes marins de Bering et Chukchi en 1993. Les chlorpyrifos et l'endosulfan étaient les contaminants les plus fréquemment identifiés dans l'eau de mer, le chlorpyrifos et l'atrazine ont été trouvés dans la glace marine et le chlorothalonil et la trifluraline ont été trouvés dans les échantillons de la microcouche superficiels. La plus grande concentration d'un seul produit agrochimique était celle de la trifluraline ($1,15 \mu\text{g l}^{-1}$) trouvée dans un échantillon de la microcouche superficielle de la baie de Bristol. Pour la première fois, le brouillard marin arctique a été échantillonné et plusieurs pesticides (tels que le chlorpyrifos, la trifluraline, le métholachlor, le chlorothalonil, le terbufos et l'endosulfan) ont y été détectés à des concentrations plusieurs fois plus élevées que dans la glace ou les eaux adjacentes [26].

Une recherche de résidus de 16 OCP dans les poissons vendus sur les marchés d'Abidjan et sur les sites de pêche a indiqué la présence de 11 d'entre dans les échantillons de poissons analysés, à diverses concentrations allant de $0,4$ à $14,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de produit frais. Les échantillons étaient le plus souvent contaminés par le Dichloro Diphényl Dichloroéthane (DDD). L'espèce la plus contaminée était le poisson-chat, avec une concentration moyenne totale de $27,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de produit frais. Les têtes ($27,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de produit frais) et les viscères ($17,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de produit frais) étaient respectivement les parties les plus contaminées d'espèces de poissons analysées [27].

Pratiquement tous les pesticides chimiques sont des poisons non spécifiques et peuvent tuer des formes de vie inoffensives ou utiles. A long terme ils posent un danger pour l'environnement et l'homme par leur persistance dans la nature et dans les tissus des organismes. La plupart des pesticides sont non spécifiques et peuvent tuer des formes de vie inoffensives ou utiles [28].

Les pesticides peuvent donc réduire la qualité de l'environnement et influencer le fonctionnement essentiel de l'écosystème en appauvrissant la diversité des espèces, modifiant les chaînes alimentaires, changeant les modèles d'écoulement de l'énergie et du cycle d'éléments nutritifs, réduisant la qualité des sols, de l'eau et de l'air et en diminuant la stabilité et la résistance des écosystèmes [29].

IX. Contamination des cultures : cas des fruits et légumes

Les pesticides contaminent l'eau potable et les cultures vivrières, en particulier les fruits et légumes qui reçoivent les doses les plus élevées [2], sous deux états brut et/ou transformé [30].

Les RP trouvés dans les cultures situées aux points d'application des pesticides et dans les cultures voisines peuvent provenir donc de cette contamination qui peut être accidentelle ou inaccidentelle à partir des déversements, des pesticides persistants dans les particules adhérentes du sol traité, ou à partir de poussières ou de pulvérisations dérivées par le vent, l'expérience de Watters et Grussendorf en 1969, montre que les dépôts d'insecticides organochlorés sur les surfaces des bâtiments de stockage pourraient être une source de résidus dans les grains, directement et même par diffusion. Cependant, les résidus résultent le plus souvent des traitements délibérés [31].

La localisation des RP dans les denrées alimentaires varie en fonction de la nature de la molécule du pesticide, de type et de la partie de l'aliment en question et des facteurs environnementaux [32].

Le danger du dépassement des limites maximales de résidus (LMR) de pesticides vient essentiellement de mauvaises pratiques phytosanitaire, souvent l'intensification des traitements et le non-respect des doses recommandées et du délai d'attente avant la récolte (DAR) de chaque pesticide, additionnés à la mauvaise gestion des emballages vides de pesticides [33].

Selon Kegley et Wise en 1998, de nombreuses études réalisées aux États-Unis sur les extraits d'échantillons de nombreux légumes (comme les concombres, les carottes, les tomates) et fruits (tel que les fraises) révèlent le dépassement de tolérances admissibles des RP (OCP, OPP, carbamates) [34].

D'après les données du réseau européen de lutte contre les pesticides, à partir de 2008, 350 pesticides ont été détectés dans les denrées aliments produits dans l'Union Européenne (UE) et plus que 5% des produits contiennent des pesticides à des niveaux dépassants le niveau maximal autorisé par l'UE. Chaque année 140 000 tonnes de pesticides sont pulvérisés sur les cultures de l'UE seul [2].

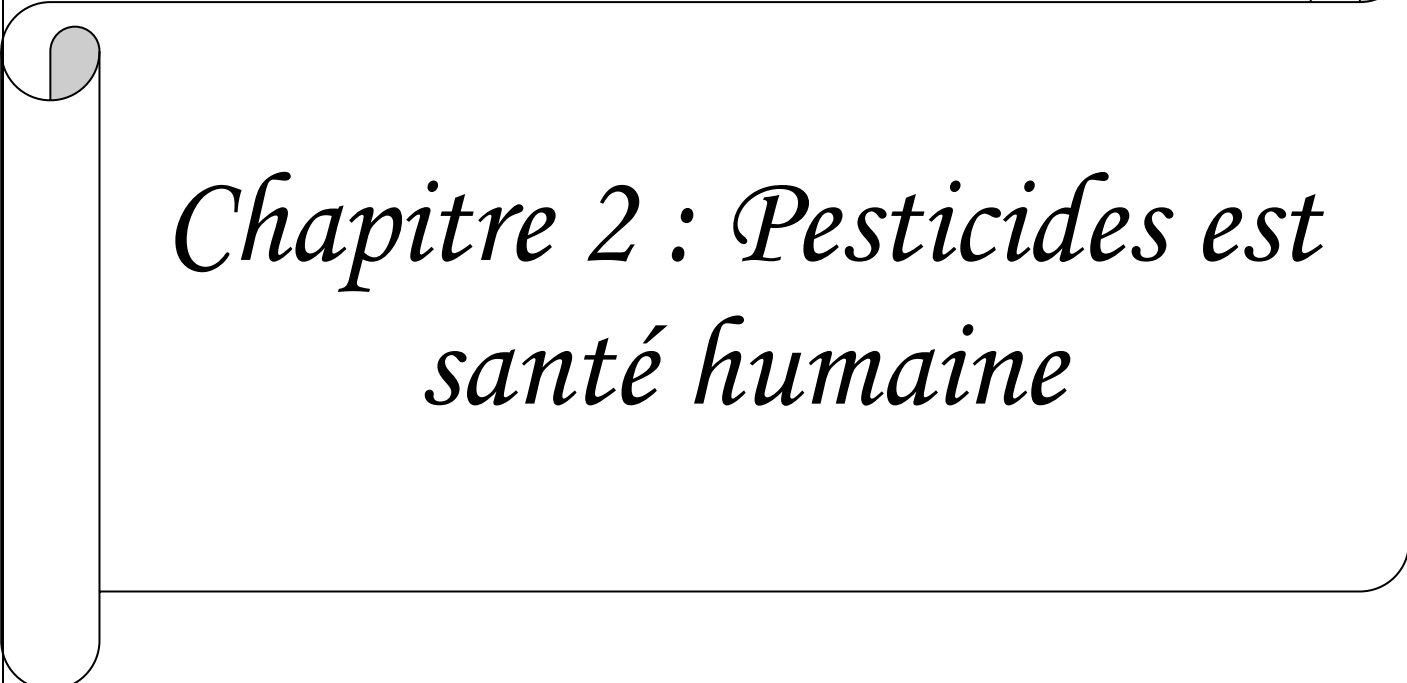
X. Décontamination des fruits et légumes

De nombreux facteurs peuvent réduire la contamination (par exemple, les réactions induites par l'oxygène, l'humidité, la lumière et les enzymes végétales) [18]. Les nouvelles techniques d'application comme la pulvérisation de bandes de précision diminuent la dose et le transport des

pesticides [19]. L'effet de la diminution des quantités des RP dépend de la concentration initiale au moment de la récolte, du substrat / denrée alimentaire et du type de pesticide [32].

Il existe plusieurs manières pour la décontamination des fruits et légumes :

- Le lavage à l'eau ou le trempage dans les solutions de sel et certains produits chimiques comme le chlore et l'acide acétique.
- Les étapes préparatoires telles que le pelage et le découpage, éliminent les résidus des parties extérieures.
- Les traitements thermiques (pasteurisation, l'ébullition et la cuisson à la vapeur), physiques (le fraisage et le brassage) ou biologiques (la vinification et le maltage).
- Les traitements post-récoltes et le stockage à froid [32].

A decorative graphic of a scroll with a grey shadow, framing the text. The scroll is positioned horizontally across the middle of the page, with its ends curling upwards and outwards.

*Chapitre 2 : Pesticides est
santé humaine*

I. Notion de la toxicité

La toxicité englobe l'ensemble des effets néfastes d'un toxique sur un organisme vivant. Autrement dit, il s'agit de la capacité inhérente à une substance chimique de produire des effets biologiques nocifs chez un organisme vivant et qui en font une substance dangereuse. L'effet toxique peut survenir au point de contact (effet local), ou bien à un endroit éloigné du point de contact initial (effet systémique) [35].

On distingue principalement les toxicités aiguës ou subaiguës qui rassemblent l'ensemble des effets néfastes immédiats ou plus ou moins lointains (quelques minutes, heures ou jours) produits suite à l'exposition à de fortes doses de pesticide [36] en une ou plusieurs fois très rapprochées [4]. Et aussi les toxicités chroniques et à long terme survenant normalement suite à l'absorption répétée de l'organisme de faibles doses de pesticides [36] pendant des périodes plus ou moins longues (subchronique, chronique, long terme). Les doses peuvent être minimes et prises de manière prolongée elles peuvent s'accumuler dans l'organisme (toxicité cumulative) dans certains organes particuliers et atteindre des niveaux toxiques [4]. Elles peuvent être aussi le résultat d'intoxications aiguës et répétées [36]. Certaines toxicités particulières comme que le cancer sont aussi distinguées et pourraient être considérées comme des toxicités chroniques et à long terme.

II. Pesticide et xénobiotique

Les pesticides sont presque toujours considérés comme des xénobiotiques. Dans leurs structures chimiques décrites dans les manuels de chimie organique et de biochimie, les composés synthétiques ont de nombreuses liaisons dites xénobiotiques, qui sont les liaisons entre les carbones et les halogènes, les liaisons directes entre les carbones et le phosphore, et entre les carbones et les métaux ou le silicium. Les composés avec ces liaisons sont rares dans les biomolécules, mais ils sont très faciles à fabriquer dans les usines et les laboratoires [37].

III. Les voies d'exposition aux pesticides

Les produits phytosanitaires pénètrent dans le corps humain par trois voies: orale (bouche, œsophage, appareil digestif), respiratoire (nez, trachée, poumons) et cutanée (y compris les yeux et les muqueuses) [38].

III.1 La voie orale

Le mode de pénétration par voie orale est à la fois exceptionnel dans le contexte des pesticides (accidents, suicide) mais aussi très banal (manque d'hygiène : contact direct de la bouche avec les mains contaminés ou bien avec la tubulure de l'équipement d'application /alimentation et tabagisme sur le lieu de travail [36]) voire courant (consommateur), l'absorption digestive peut s'effectuer à tous les niveaux du tube digestif (bouche, œsophage, estomac) mais surtout au niveau de l'intestin qui constitue un lieu d'absorption privilégié (grande surface d'échange, gradient de concentration favorable à l'absorption) mais la présence d'aliments, d'acide chlorhydrique et d'enzymes dans le tube digestif peut aussi moduler le processus [4].

III.2 La voie respiratoire

Les pesticides peuvent pénétrer facilement les voies respiratoires par les poussières, les gouttelettes, brouillards en suspension dans l'air ambiant, ainsi que par vapeurs inhalées lors de la préparation des bouillies et au cours du traitement [39].

III.3 La voie cutanée

La pénétration cutanée suite à la manipulation, la mesure ou le versement délibéré du concentré constitue le danger le plus fréquent en milieu de travail [40]. En effet, la structure de la peau et la formulation du pesticide en produit translaminaire, lui ont donné la tendance à rester sur la peau et à y pénétrer, malgré des lavages répétés [41].

IV. Population exposée aux pesticides

Il est clair que l'exposition aux pesticides est plus grande chez les travailleurs agricoles [41] y compris les distributeurs de produits, les mélangeurs, les chargeurs, les applicateurs, les spectateurs et les travailleurs ruraux [42] puis chez les consommateurs par le biais d'eau de boisson et des denrées alimentaires contenant les RP et l'ensemble des citoyens à travers la contamination environnementale [4]. Il est certain que le tabagisme constitue un risque supplémentaire d'exposition pour les fumeurs par rapport aux non-fumeurs en raison d'adhésion des pesticides à la fumée de cigarette. L'exposition aux pesticides peut se faire à des moments critiques de la vie où les groupes les plus vulnérables sont les femmes enceintes, les nourrissons et les enfants [43].

V. Toxicologie mécaniste des pesticides

La toxicologie mécaniste décrit les différentes voies (le mécanisme cellulaire, biochimique et moléculaire) par lesquelles les substances chimiques (pesticides) exercent leurs effets toxiques dans les systèmes biologiques [44]. C'est seulement l'effet combiné de la toxicodynamique et de la toxicocinétique qui détermine l'ampleur de l'effet toxique du xénobiotique dans l'organisme [45]. Les pesticides sont toujours des xénobiotiques. Le but fondamental de la toxicologie mécaniste est d'identifier comment ils entrent dans un organisme et comment ils sont distribués ou métabolisés dans le corps [46].

Le terme «toxicodynamique» décrit les interactions dynamiques d'un composé avec des effets biologiques (ou «ce qu'un produit chimique fait pour le corps») [46]. La toxicocinétique se réfère à l'étude de la cinétique (mouvements) des xénobiotiques autour du corps, les changements des concentrations des xénobiotiques détermine le taux d'absorption, de distribution, de biotransformation et d'excrétion des xénobiotiques dans l'ensemble de l'organisme [44].

VI. Toxicité des pesticides

Les pesticides produisent à la fois des effets à court terme mais aussi à long terme sur la santé humaine [47]. Pour les pesticides qui ont une toxicité très aiguë mais qui sont facilement métabolisés et éliminés, le principal risque réside dans les expositions aiguës à court terme. Chez d'autres qui ont une toxicité aiguë plus faible mais qui présentent une forte tendance à s'accumuler dans l'organisme, le risque principal est lié à une exposition à long terme, même à des doses relativement faibles. D'autres pesticides qui sont rapidement éliminés mais qui provoquent des effets biologiques persistants présentent également un risque lié aux expositions à faible dose et à long terme [41]. D'autre part, les métabolites des pesticides et solvants requis pour leur utilisation sont parfois plus toxiques que les pesticides eux-mêmes [48].

VI.1 Les toxicités aiguës ou subaiguës

Les effets aigus survenant à doses importantes chez l'homme sont maintenant assez bien documentés (intoxications accidentelles ou volontaires). Le délai d'apparition varie en fonction de la toxicité intrinsèque du produit utilisé, de la dose reçue, de la voie d'exposition et de la sensibilité de la personne. Les symptômes peuvent aller de la simple irritation jusqu'à la mort [49]. L'OMS et la

FAO estiment que le nombre annuel d'intoxications par les pesticides se situe entre 1 et 5 millions dont plusieurs milliers de cas en découlant sont mortels [50].

Les différents travaux sur les effets aigus des pesticides retiennent principalement: les brûlures chimiques au niveau des yeux, les lésions cutanées, les effets neurologiques, les troubles hépatiques et les troubles digestifs [49].

Les anomalies de la fonction hépatique, de la peau (chloracné) et du système nerveux consécutives à l'exposition à haut niveau à certains OCP constituent des exemples des intoxications aiguës [51].

VI.2. Les toxicités chroniques

Les manifestations chroniques s'observent essentiellement en milieu professionnel et les troubles observés peuvent être très divers et affecter tous les systèmes de l'organisme [4] incluant les risques élevés de cancer et les perturbations des systèmes reproducteur, immunitaire, endocrinien et nerveux [47].

VI.2.1. Effet cancérigène

Les insecticides utilisés dans le milieu professionnel ont été classés comme des cancérigènes par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Les études épidémiologiques, bien qu'elles soient parfois contradictoires, ont lié les herbicides à base de phénoxy-acide avec le sarcome de tissus mous (STS) et le lymphome malin. Les insecticides organochlorés sont liés à la STS, au lymphome non hodgkinien (LNH), à la leucémie et moins systématiquement aux cancers du poumon et du sein. Les composés organophosphorés sont liés au LNH et à la leucémie, et les herbicides de triazine sont liés avec le cancer ovarien [52].

VI.2.2. Effet sur la reproduction et le développement

Les pesticides peuvent causer la toxicité de la reproduction à travers différents mécanismes: dommages directs de la structure des cellules, interférence avec les processus biochimiques nécessaires à la fonction cellulaire normale et biotransformation entraînant des métabolites toxiques [53].

Même si l'impact des pesticides reste difficile à confirmer, plusieurs travaux ont suggéré la possibilité d'un lien entre l'exposition aux pesticides et les risques de stérilité masculine, d'excès d'avortements spontanés, de prématurité, de mort-nés, de retard de croissance [54] et de certaines malformations fœtales telles que les fentes labiopalatines, la non fermeture du tube neural, des anomalies des membres et des tumeurs cérébrales et abdominales. Ces troubles ont été décrits comme associés à l'exposition paternelle ou maternelle aux pesticides [49].

Une étude récente effectuée par Santé Canada a révélé des traces d'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D, herbicide) dans les spermatozoïdes recueillis auprès d'opérateurs antiparasitaires. L'usage d'herbicides ou de fongicides a été considéré comme un facteur de risque chez des femmes consultant pour infertilité, comme l'indique une étude américaine [43]. Le pesticide récemment interdit, le 1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP) provoque l'infertilité chez les travailleurs qui lui-sont exposés [55].

Un lien significatif entre l'activité de jardinage des mères, sans précision sur les pesticides employés, et la survenue de cryptorchidie chez leurs enfants, a été rapporté par une étude écologique danoise. L'exposition maternelle à certains pesticides comme les OCP provoque le risque de la mortalité intra-utérine et la diminution de la croissance fœtale [43].

VI.2.3. Pesticides et lait maternel

La pollution du lait humain par les pesticides a été prouvée dès 1969 par Curley et Kimbrough, puis étudiée par de nombreux auteurs. En France, Luquet, Goursaud et Casalis (1974), qui l'ont recherchée au niveau de pools de laits provenant de lactariums, concluent à une pollution moyenne du lait de femme, élevée surtout en DDT et en ses métabolites [56]. Dans une autre étude, les OCP ont été détectés dans 423 des échantillons de lait maternel recueillis auprès de six comités, représentant le sud, le centre et le nord de la Norvège en 2002-2006 [57].

VI.2.4. Effets sur le système immunitaire

Les pesticides peuvent supprimer le système immunitaire. En 1996, Repetto et Baliga citent dans un rapport l'évidence épidémiologique d'une association entre l'exposition aux pesticides et l'incidence accrue de maladies humaines auxquelles les sujets immunodéprimés sont particulièrement vulnérables [47].

La réaction immunitaire est significativement réduite chez les femmes qui avaient ingérées chroniquement des eaux souterraines contaminées par de faibles niveaux d'aldicarbe [34].

VI.2.5. Effets allergiques

Les pesticides peuvent agir comme des haptènes, mais des anticorps contre eux ont été détectés dans le corps. Des réactions hypersensibles sont signalées en raison de la consommation d'aliments contaminés par des pesticides. Le contact aux pesticides cause l'allergie cutanée. L'eczéma chez l'homme a été trouvé en raison de maneb, d'acide 2,4-Det d'acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique (2,4,5-T). Le DDT est également connu pour provoquer une réaction d'hypersensibilité de type I. La poussière des pesticides cause les troubles respiratoires allergiques comme l'asthme [58].

VI.2.6. Effet sur le système endocrinien

Le système endocrinien est très sensible aux effets toxiques des pesticides qui perturbent la fonction régulatrice des hormones. Les pesticides produisent des changements dans les gonades, les thyroïdes et les glandes surrénales [59]. Parmi les pesticides qui sont connues comme des perturbateurs endocriniens L'atrazine, l'alachlor [47] et les OCP [51].

VI.2.7. Effet neurologique

Plusieurs Etudes suggèrent que l'exposition professionnelle aux pesticides, principalement aux organochlorés ou aux organophosphorés, est associée à une diminution progressive des capacités neurocomportementales et à l'apparition de troubles neuropsychologiques [49].

Une maladie appelée Poly-neuropathie retardée induite par les organophosphates inclut les défauts neurologiques irréversibles. Les troubles de mémoire, d'humeur et d'abstractions consécutives à l'exposition aux pesticides ont aussi été documentés [34].

VI.2.8. Hépatotoxicité

Les résidus de pesticides dans les aliments peuvent nuire au tissu hépatique puisqu'ils sont métabolisés ici. Il existe des cas de troubles chroniques du foie conduisant à une cirrhose. Certains pesticides ne sont pas si dangereux, mais leurs métabolites provoquent des dommages graves au parenchyme hépatique. La cirrhose commence, elle ne s'arrête jamais même après le retrait de la cause principale [58].

VII. Niveau de toxicité

L'OMS a mis au point un système de classification qui regroupe les pesticides en fonction des risques potentiels pour la santé humaine causés par le contact accidentel avec l'être humain [5] :

- ❖ Classe Ia = extrêmement dangereux.
- ❖ Classe Ib = très dangereux.
- ❖ Classe II = modérément dangereux.
- ❖ Classe III = légèrement dangereux.
- ❖ Classe IV = produits peu présenter un risque aigue en utilisation normale [5].

Les liquides sont considérés comme plus dangereux que les solides, la toxicité cutanée est plus dangereuse que la toxicité orale. Par conséquent, il est nécessaire de classifier une toxicité dermique plus élevée pour un liquide comme extrêmement dangereuse [37].

VIII. Facteurs influençant la toxicité intrinsèque des pesticides

Les pesticides n'ont pas toujours le même degré de toxicité, de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer la réponse toxique. Parmi ces facteurs, il faut citer ceux qui sont liés:

- ❖ A l'individu concerné [4] (facteurs génétiques, âge, sexe, grossesse, nutrition [36], états physiologiques et pathologiques éventuels [4], etc...).
- ❖ Aux modalités d'administration du produit (voies, concentrations, moments, etc...) [4].
- ❖ Au pesticide lui-même et à ses caractéristiques physico-chimiques (solubilité, volatilité, stabilité [3], grosseur des particules, l'ingrédient actif [36], etc...).
- ❖ A l'environnement : Agents physiques (lumière, température, humidité relative, vent, etc...), l'exposition à plusieurs produits présents dans le milieu et la décomposition des pesticides dans l'environnement [36].

IX. Règlementation

En raison de leur toxicité intrinsèque, dans la plupart des pays surtout ceux qui présentent un modèle de développement durable une législation spécifique et complexe prescrit un processus rigoureux d'évaluation et de gestion des risques pour les pesticides avant la commercialisation, ceci semble essentiel pour les spécialistes de la santé et les toxicologues [42] afin de minimiser l'exposition des consommateurs à des apports nuisibles de pesticides, d'assurer l'utilisation correcte de pesticides en termes d'autorisation et d'enregistrement et de permettre la circulation libre des produits traités aux pesticides tant qu'ils respectent les concentrations autorisées [60].

Depuis le 1er septembre 2008, le règlement européen CE n° 396/2005 s'applique à la teneur en résidus de pesticides des aliments destinés à l'alimentation humaine et animale [50]. Les limites maximales applicables aux résidus (LMR) ne sont pas des limites toxicologiques, mais elles doivent être toxicologiquement acceptables [60]. Ils ont pour but de protéger les consommateurs contre l'exposition à des niveaux inacceptables de résidus de pesticides dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux. Ce règlement permet ainsi que chaque catégorie de consommateurs, y compris les plus vulnérables et les végétariens, soit protégée de manière suffisante [50]. Les dépassements des LMR sont de forts indicateurs de violations de bonnes pratiques agricoles [60].

En Algérie l'encadrement des risques liés à l'exposition et à l'utilisation des substances chimiques en agriculture, repose sur l'enregistrement et le contrôle par les services du Gouvernement, conformément aux dispositifs législatifs et réglementaires en place [61],

notamment : Loi n° 87-17 du 01/08/1987 relative à la protection phytosanitaire, notamment Titre IV [62].

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text "Partie expérimentale" is centered on the unrolled portion.

Partie expérimentale



Matériel et méthode

L'objectif de ce travail était d'étudier la présence de résidus de pesticides dans les tomates cultivées sous serres, commercialisées dans les marchés de la commune de Jijel pendant la période allant d'Avril à Mai.

Le travail a été réalisé au niveau de laboratoire d'Ecotoxicologie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Jijel, durant la période allant d'Avril à Juin de l'année 2017.

Pour atteindre l'objectif nous avons adopté la méthodologie qui comporte:

- L'extraction par soxhlet et concentration des résidus de pesticides.
- L'analyse des échantillons par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM).

I Préparation des Echantillons

I.1 Prélèvement et transport

Les tomates ont été achetées auprès de quatre marchés réalisant les volumes de vente les plus importants par la commune de Jijel (marché de village Moussa, marché de village Mustapha, marché de centre-ville et marché du 5^e km). Les quantités d'échantillons de départ était de 500 grammes de tomates au minimum de chaque marché. Ils ont été conditionnés individuellement dans des papiers aluminium et sacs plastiques étiquetés. Ensuite acheminés au laboratoire à l'aide d'une glacière pour effectuer l'analyse. Lors d'achat, il a été de s'assurer du parti des vendeurs et des fournisseurs de marchandises que les échantillons de tomates dérivent des cultures sous serres situées à Mostaganem (échantillon 1), Djimar (échantillons 2 et 6), Kaoues (échantillon 3), Biskra (échantillon 4) et Lemzayer (échantillon 5).

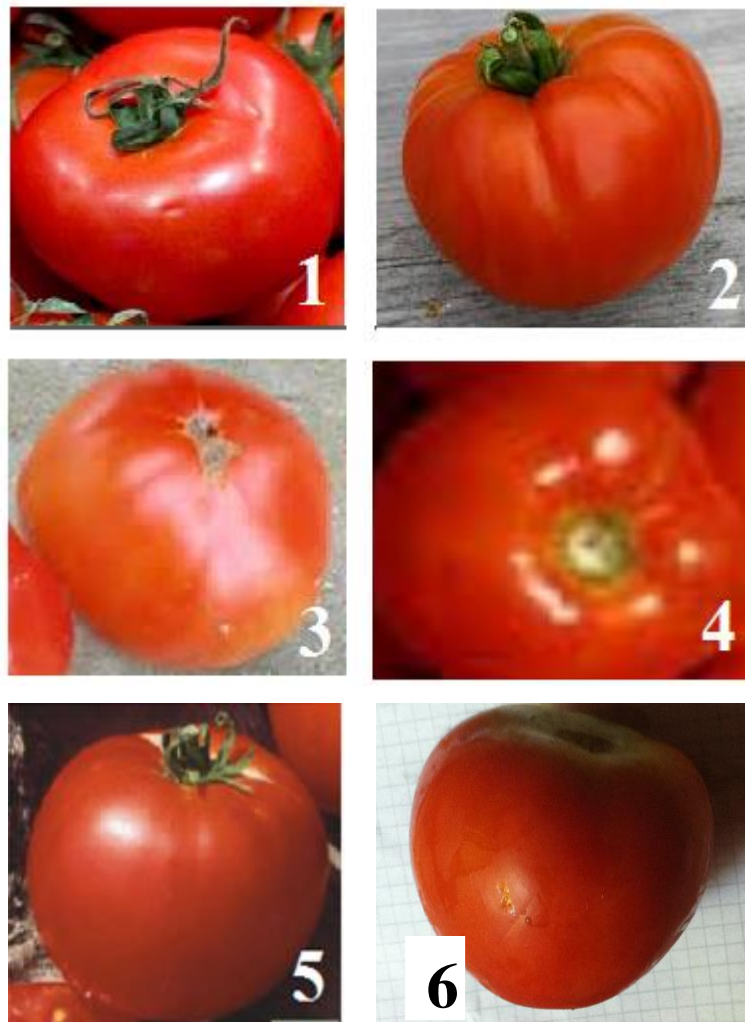


Figure 2 : Echantillons 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de tomate analysés

I.2 Séchage et broyage

Au laboratoire, les échantillons de tomates ont été bien lavés par l'eau de robinet puis par l'eau distillée, découpés en tout petits morceaux, par la suite ils ont été laissés sécher à l'ombre et à l'air libre pendant cinq jours à une température moyenne quotidienne de 22°/12° C et à une humidité relative moyenne de 53% (d'après les données météorologiques de la ville de Jijel). Ils sont périodiquement retournés pour présenter les deux faces au soleil et obtenir ainsi un séchage plus homogène. Les tomates ont été broyées ensuite à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une forme poudre de l'échantillon pour l'adapter avec la technique d'extraction utilisée.



Figure 3 : Séchage de la tomate



Figure 4 : Tomate en poudre obtenue par le broyage

II Méthodes d'extraction et d'analyse des résidus des pesticides dans les tomates

II.1. Extraction par soxhlet et concentration des résidus de pesticides

L'extraction des pesticides dans les différents échantillons de tomates a été réalisée par la technique d'extraction conventionnelle de Soxhlet qui repose sur le principe de placement d'échantillon dans une cartouche de Soxhlet qui est progressivement rempli des solvants utilisés pour l'extraction à partir d'un ballon de distillation (voir figure 1). Lorsque le liquide atteint le niveau de dépassement, un siphon aspire le soluté du porte-cartouche et le décharge dans le ballon de distillation, transportant ainsi les analytes extraits dans ce dernier. Cette opération est répétée jusqu'à ce que l'extraction soit terminée [63].

Chaque échantillon de 10 g de tomate a été extrait dans un équipement de Soxhlet avec 200 ml de n-hexane-acétone (1:1) pendant 6 h (voir la figure). Après refroidissement, l'extrait a été concentré à 1 ml à l'aide d'un évaporateur rotatif réglé à une température de 45 C° (voir figure). Après concentration au rotavapeur, 1 μl d'échantillon final a été injecté en chromatographe à gaz couplé de spectromètre de masse (CPG-SM) de type quadripôle pour l'analyse [64].



Figure 5 : Etape d'extraction conventionnelle par soxhlet



Figure 6 : Etape d'évaporation

II.2. Analyse des échantillons par CPG-SM

L'analyse des échantillons par CPG-SM a été réalisée pour identifier les résidus de pesticides susceptibles d'être présents dans les échantillons.

II.2.1. Principe de la CPG-SM

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse à la spectrométrie de masse (GC-MS) est la première association réussie d'une méthode chromatographique à la spectrométrie de masse qui a deux principaux modes d'utilisation : l'analyse qualitative et l'analyse quantitative.

En analyse qualitative, la GC-MS produit en routine des spectres reproductibles, identifiables à ceux d'une bibliothèque, pour des quantités injectées de l'ordre de 1–10 μl . En analyse quantitative, des dosages exacts et précis sont obtenus avec une très grande dynamique de réponse, et des limites inférieures de détection parmi les plus basses de toutes les techniques d'analyse chimique, à condition de connaître et de disposer au préalable des molécules à quantifier, afin d'établir un étalonnage [65].

II.2.2. Conditions chromatographiques

L'analyse a été faite sur un chromatographe phase gazeuse couplé avec un spectromètre de masse de type Shimadzu CPG-SM QP 2010 de type E1 70 ev quadipole (voir la figure). Le CPG comprenait un injecteur de type Split/Splitless et une colonne capillaire. Deux types différents de colonnes capillaires ont été utilisés la colonne SE 30 et la colonne OV 1701 (25 m de longueur). Le spectromètre de masse utilisé est constitué d'une source à impact électronique, un quadripôle analyseur, un système de détection, un intégrateur enregistreur, un logiciel et une bibliothèque NIST 05.

1 μl de chaque échantillon a été injecté manuellement en mode splitless à une température de 250°C. La température de la source d'ionisation est à 200 C° et la température initiale de la colonne est de 90 C°. Le gaz vecteur choisi a été l'hélium. L'identification a été réalisée par comparaison des résultats (pics) avec la bibliothèque de spectromètre de masse.



Figure 7 : Appareil de CPG-SM

Le schéma suivant résume la méthodologie adoptée en vue de la recherche des RP dans la tomate.

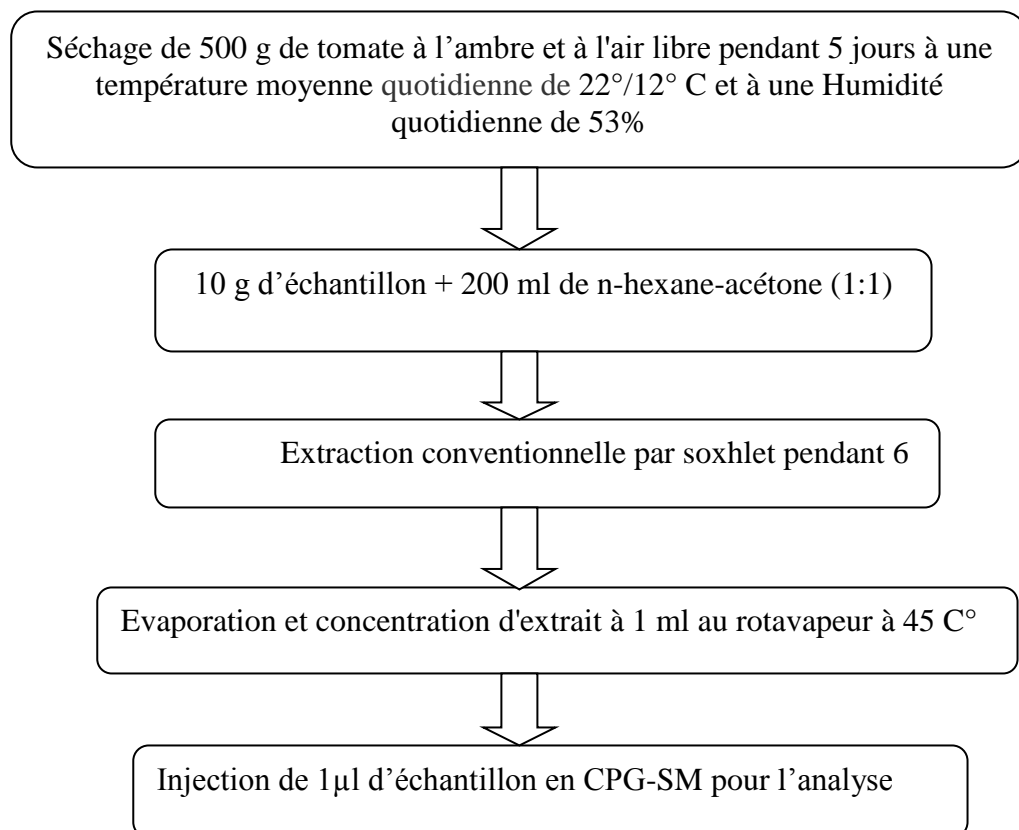


Figure 8 : Méthodologie adoptée en vue de la recherche des résidus de pesticides dans la tomate [64].

A decorative scroll graphic with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered on the unrolled portion.

Résultats et discussion

Cette partie décrit et analyse les résultats de la recherche d'une éventuelle contamination par les résidus de pesticides d'un denrée alimentaire qui est la tomate cultivée sous serre, disponible pour les consommateurs Jijiliens durant la période d'Avril à Mai.

La GC-MS est l'une des meilleures techniques pour identifier les constituants de matières volatiles, de longue chaîne, d'hydrocarbures à chaîne ramifiée, d'alcools, d'acids, d'esters etc [66]. Une bonne résolution de tous les polluants contenus dans les échantillons de tomate analysés y compris les pesticides a été réalisée avec la CPG-SM.

Les résultats d'analyse qualitative par CPG-SM sont obtenus sous forme de six chromatogrammes relatifs aux échantillons de tomates analysés (annexe I).

Chaque chromatogramme est accompagné d'un tableau contenant tous les composés phytochimiques identifiés avec leurs nomenclature, surfaces du pic en pourcentage, poids moléculaire et temps de rétention (annexe II).

Les spectres des résultats ont été identifiés par comparaison des résultats (pics) avec la bibliothèque de spectromètre de masse NIST 05 « The National Institute of Standards and Technology » comportant des références pour des milliers de molécules différentes pour l'identification.

I. Résultats

D'après l'analyse globale des chromatogrammes obtenus (annexe I), plusieurs composés chimiques ont été détectés dans les échantillons de tomate. Plusieurs d'entre eux sont identifiés dans tous les chromatogrammes, contrairement à certains d'autres qui sont identifiés dans certains ou dans un seul chromatogramme.

L'analyse GC-MS des tomates a révélé une présence de vingt-deux molécules qui peuvent avoir des activités des pesticides, des hydrocarbures, des phtalates et des phényles. Cette éventuelle présence de sept pesticides, dix hydrocarbures, quatre phtalates et d'un phényle pourraient contribuer à réduire la qualité sanitaire de la tomate. Ils sont donnés par leurs formules ainsi que par leurs natures chimiques dans les tableaux (1-6) et ils montrent de nombreuses activités biologiques pertinentes à cette étude.

Tableau 1 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 1 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	du	Activité
7	4-Methyldocosane	C ₂₃ H ₄₈	Alcane		hydrocarbure [67]
8	phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₇ H ₃₀ OSi	Phényle [68]		Polluant organique persistant [69]
19	tetrapentacontane	C ₅₄ H ₁₁₀	Alcane		hydrocarbure [67]
29	n- hexadecanoid acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Acide Plamitique [66]		Activité de nèmaticide, activité de pesticide, hypocholesterolemique, anti androgenique saveur, lubricant Hémolytique, antioxidant, 5-alpha-réductase inhibiteur [66] et [70].
39	1,2-benzenedicarboxylic, acid mono(2-ethylhexyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Phthalate		Polluant organique persistant [69], Plastifiant [71].

Tableau 2 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 2 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	du	Activité
11	Caryophyllène	C ₁₅ H ₂₄	Sesquiterpène		activité de fongicide, anti-tumorale, analgésique, antibactérienne, anti-inflammatoire, sédative [70].
15	phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₇ H ₃₀ OSi	Phényle [65]		Polluant organique persistant [69].
28	1,2-Benzenedicarboxylic, bis(2-methylpropyl)	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Phthalate [69]		Phthalate Polluant organique persistant [69], Plastifiants [71].

	ester				
26	Acide tétradecanoïque	$C_{14}H_{28}O_2$	Acide saturé	gras	Activité de nématicide, lubrifiant antioxydant, prévention du cancer, Hypercholestérolémique [72].
32	Heneicosane	$C_{21}H_{44}$	Alcane		Hydrocarbure [67]
33	phthalate de dibutyle benzène-1,2-dicarboxylate de dibutyle	$C_{16}H_{22}O_4$	Benzène		Phthalate, polluant organique persistant [69], plastifiants [71].
35	n- hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	acides saturé	gras	Activité de nématicide, activité de pesticide, anti-oxydant, hypocholestérolémique, lubrifiant, saveur anti-androgène, hémolytique, inhibiteur de la 5-alpha-réductase [66] et [70].
41	Eicosane	$C_{20}H_{42}$	Alcane		Hydrocarbures [67]
51	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z), octyl ester	$C_{18}H_{32}O_2$	Linoleic acid ester [66]		Activité de nematicide, activité d'insectifuge, prévention du cancer, antiinflammatoire, hypocholestérolémique, hépatoprotecteur, antihistaminique, antiarthrite, antiecémique [66].
53	1,2-benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	$C_{24}H_{38}O_4$	Phtalate [69]		Polluant organique persistant [69], plastifiants [71].
55	Tetratriacontane	$C_{34}H_{70}$	Alcane		Hydrocarbure [67]
58	Pentatriacontane	$C_{35}H_{72}$	Alcane		Hydrocarbure [67]
67	Tetracosane	$C_{24}H_{50}$	Alcane		Hydrocarbure [67]

77	Tetrapentacontane	C ₅₄ H ₁₁₀	Alcane	Hydrocarbure [67]
79	Hexatriacontane	C ₃₆ H ₇₄	Alcane	Hydrocarbure [67]

Tableau 3 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 3 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	Activité
5	phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₇ H ₃₀ OSi	Phényle [69]	Polluant organique persistant [69]
6	Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	Alcane	Hydrocarbures [67]
17	Acide tétradécanoïque	CH ₃ - (CH ₂) ₁₂ - COOH	Acide gras	activité de nématocide, antioxydant, prévention du cancer, hypercholestérolémique, lubrifiant [72].
21	1,2-Benzenedicarboxylic, Bis (2-methylpropyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Phthalate [69]	Polluant persistant [69], plastifiants [71].
35	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z), octyl ester	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	Ester d'acide linoléique	Activité de nématocide, activité d'insectifuge, antiinflammatoire, hypocholestérolémique, prévention du cancer, hépatoprotecteur, antihistaminique, antiacné, antiarthrite, antiecémique [66].
40	Dotriacontane	C ₃₂ H ₆₆	Alcane	Hydrocarbure [67]
45	1,2-benzenedicarboxylic, acid mono(2-	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Phthalate	Polluant organique persistant [69], plastifiant [71].

	ethylhexyl) ester			
64	Pentatriacontane	$C_{35}H_{72}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
75	Tetracosane	$C_{24}H_{50}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
80	Tetrapentacontane	$C_{54}H_{110}$	Alcane	Hydrocarbure [67]

Tableau 4 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 4 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	Activité
8	phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	$C_{17}H_{30}OSi$	Phényle 25	Polluant organique persistant [69].
14	Acide tétradécanoïque	CH_3- $(CH_2)_{12}-$ $COOH$	Acide gras	Activité de nématocide, antioxydant, prévention du cancer, lubrifiant, hypercholestérolémique [72].
15	1,2-Benzenedicarboxylic, bis(2-methylpropyl) ester	$C_{16}H_{22}O_4$	Phthalate	Polluant organique persistant [69], plastifiant [71].
22	n- hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	acides gras saturé	Activité de nématocide, activité de pesticide, anti-oxydant, hypocholestérolémique, lubrifiant, saveur anti-androgène, hémolytique, inhibiteur de la 5-alpha-réductase [66] et [70].
24	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z), octyl ester	$C_{18}H_{32}O_2$	Linoleic acid ester	Antiinflammatoire, activité de nématocide, activité d'insectifuge, hypocholestérolémique, Antiacné, prévention du cancer, hépatoprotecteur, antiecémique, Antihistaminique, antiarthrite, [66].

34	1,2-benzenedicarboxylic acid mono(2-ethylhexyl) ester	$C_{16}H_{22}O_4$	Phthalate	polluant organique persistant [69], plastifiant [71].
46	Tetracosane	$C_{24}H_{50}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
56	Tetrapentacontane	$C_{54}H_{110}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
57	Tetracontane	$C_{40}H_{82}$	Alcane	Hydrocarbure [67]

Tableau 5 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 5 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	Activité
4	4-Methylpiperidine-1-carboxylic acid, phenyl ester		Ester	Métabolite dérivé de la photo dégradation d'herbicide butachlor [73].
47	Hexatriacontane	$C_{36}H_{74}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
49	Tetrapentacontane	$C_{54}H_{110}$	Alcane	Hydrocarbure [67]
50	1,2-benzenedicarboxylic acid mono(2-ethylhexyl) ester	$C_{16}H_{22}O_4$	Phthalate	Polluant organique persistant [69], plastifiant [71].

Tableau 6 : Formule chimique, nature chimique et activités biologiques des phyto-composants identifiés dans les extraits de tomate d'échantillon 6 par GC-MS.

Pic	Nom du composé	Formule chimique	Nature du composé	Activité
8	Benzofuran, 2,3-dihydro-	C_8H_8O	Furane	Metabolite d'insecticide carbofuran [74]
12	1, 3-Benzodioxole,	$C_{11}H_{12}O_3$	phénylpropanoïde	L'insecticide myristicine

	4-methoxy-6-(2-propenyl)- ref30			[75]		
13	phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	C ₁₇ H ₃₀ OSi	Phényle [65]	Polluant persistant [69]	organique	
55	1,2-benzenedicarboxylic, acid mono(2-ethylhexyl) ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Phthalate	Polluant persistant [69], [71].	organique	plastifiant

II. Discussion

L'information plus précise dans l'analyse qualitative peut être obtenue par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) [66].

Les pics constituant les chromatogrammes attribués aux six échantillons de tomate analysés se révèle dans des TR proches (environ 4min pour le plus moins TR et environ 30 min pour le plus grand TR).

Les composés identifiés possèdent de nombreuses propriétés biologiques. Par exemple, le 9,12-octadecadienoic acid (Z,Z), octyl ester possède une activité antiinflammatoire, nématicide, insectifuge, hypocholestérolémique, préventive du cancer, hépatoprotectrice, Antihistaminique, Antiacnée, Antiarthrite ou Antiecémique. L'acide tétradecanoïque peut être un antioxydant, un préventif du cancer, un nématicide, un hypercholestérolémique, ou un lubrifiant.

L'analyse GC-MS des échantillons de tomate révèle une éventuelle présence des molécules ayant des activités de certaines substances chimiques toxiques comme les hydrocarbures, les phényles et les phtalates. L'activité de pesticides a été révélée dans les six échantillons de tomate analysés. Une seule activité de nématicide (pic 29), deux activités des hydrocarbures (pics 7 et 19), une activité de phényle (pic 8) et une activité de phtalate (pic 39) ont été identifiés dans le chromatogramme du premier échantillon. Trois activités de nématicides (pics 26, 35 et 51) et une activité de fongicide (pic 11) ont été détectés dans le deuxième échantillon. La présence de l'activité d'hydrocarbure est importante avec un nombre de sept activités des hydrocarbures identifiés (pics 32, 41, 55, 58, 67, 77 et 79). Les activités des polluants organiques persistants peuvent être aussi présents par trois activités des phtalatales (pics 28, 33et 53) et une activité de phényle (pic 15). La tomate du troisième échantillon contient deux activités de nématicides (pics 12 et 35), cinq activités des hydrocarbures (pics 6, 40, 64, 75 et 80), deux activités de phtalates (pics 21 et 45) et une activité de phènyle (pic 5). Trois est le nombre des activités des nématicides (pics 14, 22 et 24)

peuvent être présents dans le quatrième échantillon, les activités des hydrocarbures ont été détectés en même nombre (pics 46, 56 et 57). L'échantillon quatre contient deux activités de phtalates (pics 15 et 34) et une activité de phényle (pic 8). L'échantillon cinq révèle présence d'une activité d'herbicide (pic 4), de deux activités hydrocarbures (pics 47 et 49) et d'une activité de phtalate (pic 50). Deux activités d'insecticides (pics 8 et 12), une activité de phtalate (pic 55) et une activité de phényle (pic 13) ont été identifiées dans le sixième échantillon. L'échantillon 2 contient le plus grand nombre de molécules ayant des activités de pesticides à savoir quatre molécules, l'échantillon 4 le suit par trois molécules ayant des activités de pesticides, en troisième lieu s'apparient les échantillons 3 et 6 avec deux molécules. En fin, les échantillons 1 et 5 occupent la dernière place avec une seule molécule.

Beaucoup de travaux de recherche ont été réalisés dans l'optique de la recherche des RP dans les fruits et légumes y compris la tomate ou la présence des RP a été approuvée par plusieurs d'entre eux. Kumari et al en 2002 ont publié une étude qui a été réalisée entre 1996 et 1997 sur 60 échantillons de marché de six légumes y compris la tomate dans le but de déterminer l'ampleur de la contamination par les pesticides. Les échantillons testés ont montré une contamination à 100% par des quantités faibles mais mesurables de RP. Les organophosphates étaient dominants, suivis par les organochlorés, les pyréthroïdes synthétiques et enfin les carbamates. Environ 23% des échantillons présentaient une contamination avec des composés organophosphorés au-dessus de leurs valeurs respectives de LMR [76]. 24 est le nombre de pesticides détectés dans les tomates par Restrepo et ses collaborateurs en 2014 dans le cadre de leur étude de recherche de 50 RP dans trois denrées alimentaires y compris la tomate [77]. Melo et ses collaborateurs en 2012 ont surveillé des pesticides dans les tomates cultivées sous serres en hiver. Parmi les composés considérés dans ce travail, le cyprodinil a été trouvé dans la tomate à des concentrations de 0,33 mg / kg, d'autres pesticides comme l'azoxystrobine, le fenhexanide, le tolyfluanide, l' λ -cyhalothrine et la trifloxystrobine ont également été détectés, mais non quantifiés [78].

Une étude d'évaluation d'utilisation de neuf pesticides (insecticides et fongicides) sur les tomates cultivées en serres dans deux régions agricoles importantes près d'Alger, en Algérie (Boudouaou et Douaouda). Cinq pesticides ont été détectés dans des échantillons de tomates de la région de Douaouda, y compris le chlorpyrifos-éthyle ($0,028 \pm 0,001$ mg / kg), le fénitrothion ($0,68 \pm 0,004$ mg / kg), le metalaxyl ($0,048 \pm 0,015$ mg / kg), le procymidon ($0,046 \pm 0,02$ Mg / kg) et le triadimenol ($0,035 \pm 0,003$ mg / kg). Dans la région de Boudouaou, seuls trois pesticides ont été détectés: chlorpyrifos-éthyle ($0,43 \pm 0,011$ mg / kg), triadimenol ($0,21 \pm 0,002$ mg / kg) et procymidon ($0,03 \pm 0,0055$ mg / kg) [79].

Une étude évalue les niveaux de résidus de certains pesticides utilisés sur les cultures de tomates au Ghana, susceptibles d'avoir été accumulés dans les tomates pendant l'application. Les résultats obtenus confirment que les RP étaient effectivement présents dans les tomates et une analyse ultérieure quantifiait le montant présent. L'analyse de certains niveaux de résidus organochlorés et organophosphorés a révélé que le chlorpyrifos a le plus grand taux de RP 10,76 mg / kg. Le niveau de résidu le plus bas observé était celui du pirimiphos-méthyle avec 0,03 mg / kg. L'endosulfan n'est pas enregistré au Ghana comme pesticide à utiliser sur les légumes, donc la détection de l'endosulfan dans plusieurs échantillons indique une mauvaise utilisation des produits agrochimiques chez les agriculteurs ghanéens [80].

Salghi et ses collègues en 2012 ont analysé huit résidus de pesticides dans des échantillons de tomates prélevés dans la région de vallée de Souss Massa (sud du Maroc). Les RP détectés étaient le dicofol, la procymidone, le chlorothalonil, la bifenthrine, l' λ -cyhalothrine, la cyperméthrine, la deltaméthrine et l'endosulfan. La LMR européenne pour l'endosulfan dans les tomates a été dépassée dans 8 échantillons [81].

L'analyse multi résiduelle de pesticides dans la tomate cultivée en plein champ dans la zone de Sidi Bou N'Iym au Maroc a montré que le dicofol et le tetradifon enregistrent des teneurs de 0.13 ppm et 0.12 ppm après le DAR. Ce résultat trouve probablement son explication dans l'application répétée de ces deux pesticides, produisant ainsi un effet cumulatif. ces valeurs restent cependant, inférieurs aux LMR [82].

Un travail de recherche sur les pesticides indique la présence de 24 d'entre eux dans les tomates fraîches achetées à Bogota en Colombie dont 70,5% des échantillons contiennent au moins un pesticide et les pesticides les plus détectés étaient le pyriméthanil, le carbendazim, le diméthomorphe et l'acéphate. Un seul échantillon contenant du carbendazime qui dépassait la LMR [83].

Trois techniques de chromatographie en phase gazeuse (GC) soit avec détecteur photométrique de flamme (FPD), Détecteur de capture d'électrons (ECD) ou avec une spectrométrie de masse (MS) ont été appliquées pour l'identification et la quantification des résidus de pesticides sur 45 échantillons de concombre, de tomates et de fraises dans quinze endroits dans les gouvernorats de Gaza. En utilisant la technique GC-MS, l' α et β -endosulfan, le chlorpyrifos, le carbofurane, le chlorfluazuron, le triadimenol I et II, le penconazole, le métabolite de coptafol, le pyriméthanil et l'iprodione ont été détectés et confirmés sur certains échantillons de concombre, de tomates et de fraises. Tous les résidus de pesticides détectés par GC-MS sur la tomate étaient

inférieurs aux LMR, à l'exception du chlorfluazuron. Généralement, les tomates ont montré le plus moins nombre et niveau de résidus de pesticides par toutes les techniques GC [84].

A l'opposé des résultats de travaux de recherche cités précédemment, certaines études ont montré l'absence des RP dans plus de 90 % des échantillons analysés.

L'étude effectuée par Golge et Kabak en 2013, dans le but d'analyse de 109 RP dans 345 échantillons de tomates obtenus auprès des marchés locaux et des commerçants de tomates dans les provinces de Mersin et Antalya, en Turquie constate l'absence de RP dans 91.4 % des échantillons de tomates analysés. Seuls 9,6% des échantillons se sont révélés contaminés par des traces d'acétamipride, d'azoxystrobine et de triadiméfon à des concentrations allant de 0,015 à 0,37 mg kg⁻¹. Cette étude montre que le risque n'est pas significatif pour les tomates [85].

Notre étude révèle une présence de certaines molécules qui peuvent avoir des activités des pesticides dans les six échantillons de tomate analysés et qui peut être justifié par le non-respect de bonnes pratiques agricoles de la part des agriculteurs (non-respect des doses, de fréquence d'application et du DAR). Si l'on veut garantir un résultat exact, il est nécessaire de faire l'objet d'une confirmation qui débute tout d'abord par vérification des pourcentages similarités relatifs aux molécules qui pourraient être des pesticides ou bien leurs métabolites. Ces pourcentages doivent être proches à 100 %. Et par la suite, l'injection des étalons purs de pesticides susceptibles d'être présents dans les échantillons de tomate analysés dans les même conditions chromatographiques de la GC-MS pour établir une analyse quantitative. Nos résultats pourraient être validés par comparaison des temps de rétention et des spectres de masse des constituants des étalons identifiés avec ceux cités précédemment dans nos résultats. Ils doivent être effectivement identiques.

A decorative scroll graphic with the word "Conclusion" written on it. The scroll is white with a black outline and is partially unrolled, showing the word in a large, bold, black serif font. The scroll is set against a white background with a thin black border.

Conclusion

Dans le monde entier, la recherche de RP dans les fruits et légumes a été largement étudiée. En Algérie, la tomate figure parmi les produits horticoles les plus consommés, Cependant, la présence de RP dans la tomate n'a pas été déterminée.

La qualité sanitaire de tomate destinée au consommateur Jijilien est évaluée par une analyse de RP dans les tomates cultivées sous serre, commercialisées dans les grands marchés de la commune de Jijel. Les résultats obtenus révèlent une éventuelle contamination par les RP des six échantillons de tomates analysés. Les phytoconstituants identifiés qui peuvent avoir une activité de pesticide sont le Caryophyllène, l'acide tétradécanoïque, le n- hexadécanoic acid, le 9,12-octadécadienoic acid (Z,Z), octyl ester, le 4-Méthylpiperidine-1-carboxylic acid, phenyl ester, le Benzofuran, 2,3-dihydro- et le 1, 3-Benzodioxole, 4-méthoxy-6-(2-propenyl)-.

Par manque de moyens, notre analyse s'est limitée à une analyse qualitative et n'a pas pu passer à l'analyse quantitative effectuée par établissement d'une courbe d'étalonnage à partir des étalons analytiques de pesticides purs. Ces étalons vont permettre de confirmer la présence du tel composé qui est le pesticide dans les échantillons de tomate analysés et établir les fonctions d'étalonnage permettant sa quantification notamment la détermination des concentrations de LMR. L'étalon sera également utilisé pour vérifier les performances de l'étape d'extraction.

Ceci nous empêche de conclure si il y'a eu une contamination ou non et si cette éventuelle contamination a dépassé la LMR ou non. Par conséquent l'existence d'un risque pour la santé des consommateurs Jijiliens suite à la consommation de tomates reste encore non confirmée. Un programme de surveillance doit être établi pour contrôler la contamination des aliments de base, comme la tomate.

A decorative scroll graphic with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text "Références bibliographiques" is centered on the unrolled portion.

Références bibliographiques

- [1] Maroni, M., Fanetti, A. C., & Metruccio, F. (2005). Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. *La Medicina dellavoro*. 97(2). 430.
- [2] Fenik, J., Tankiewicz, M., & Biziuk, M. (2011). Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 30(6). 815-816.
- [3] Jeyaratnam, J. (1990). Acute pesticide poisoning: a major global health problem. *World Health Stat Q*. 43(3). 139-140.
- [4] Comité sécurité alimentaire d'Aprifel. (2004). Pesticides, risques et sécurité alimentaire. tpi s.a. France. 7-107.
- [5] Zacharia, J. (2011). Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides. In: Salghi, R., Errami, M., Hammouti, B., & Bazzi, L. *Pesticides in the Modern World-Trends in Pesticides Analysis*. Edited by Margarfita Stoytcheva. Published by In Tech, 71, 3-12, 18. ISBN 978-953-307-437-5.
- [6] FAO et OMS. (2009). *Codex alimentarius : Code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche*. Première édition. Rome. 7. ISBN : 978-92-5-205914-1.
- [7] Boland, J., Koomen, I., de Jeude, J. V. L., & Oudejans, J. (2004). *Les pesticides: composition, utilisation et risques*. Editions Agrodok. 14,15. ISBN : 9077073019, 9789077073018.
- [8] South, D. B. (2002). Inorganic pesticides. In *Encyclopedia of Pest Management (Print)*. CRC Press. 396.
- [9] Pimentel, D. (2007). *Encyclopedia of Pest Management, Volume II*. CRC Press. 481. EISBN: 978-1-4200-6846-7.
- [10] Calvet, R. (2005). *Les pesticides dans le sol: conséquences agronomiques et environnementales*. France Agricole Editions. 26, 51, 69.
- [11] Idrissi, M, Aït Daoud, N, Soulaymani Bencheikh, R. (2010). Pesticides, définition et classification. *Toxicologie Maroc*. N° 4. 3.
- [12] Marrs, G. J., & Middleton, M. R. (1973). The formulation of pesticides for convenience and safety. *Outlook on Agriculture*, 7(5), 231.
- [13] Afsset. (2010). Rapport « Bases de données de propriétés des pesticides ». Action I.2. 23.
- [14] Linde, C. D. (1994). Physico-chemical properties and environmental fate of pesticides. 14, 34.
- [15] Barceló, D. (1997). *Trace Determination of Pesticides and their Degradation Products in Water*. Elsevier. Vol 19. 20. ISBN: 008054312X, 9780080543123.
- [16] Suthersan, S. S, & Jeff, M. (1996). *Remediation engineering: design concepts*. CRC Press. 34. ISBN: 1420050583, 9781420050585.

- [17] Sheikheldin, S. Y., Cardwell, T. J., Cattrall, R. W., Luque de Castro, M. D., & Kolev, S. D. (2001). Determination of Henry's law constants of phenols by pervaporation-flow injection analysis. *Environmental science & technology*. 35(1). 178.
- [18] Le Pimpec, P. (2002). Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques. Editions Quae. 56. ISBN: 2853625540. 9782853625548.
- [19] Laird, D. A., Yen, P. Y., Koskinen, W. C., Steinheimer, T. R., & Dowdy, R. H. (1994). Sorption of atrazine on soil clay components. *Environmental science & technology*. 28(6). 1054. ISSN: 0013-936X.
- [20] Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J. C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 123(4). 247. ISSN: 0167-8809.
- [21] Flury, M. (1996). Experimental evidence of transport of pesticides through field soils—a review. *Journal of environmental quality*. 25(1). 25. EISSN: 1537-2537.
- [22] Johnsen, K., Jacobsen, C. S., Torsvik, V., & Sørensen, J. (2001). Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils—a review. *Biology and Fertility of Soils*. 33(6). 448-449. ISSN: 1432-0789.
- [23] Scheyer, A. (2004). Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuses, particulaire et liquide de l'atmosphère: Application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie (Doctoral dissertation, Université Louis Pasteur (Strasbourg)).
- [24] Thuren, A., & Larsson, P. (1990). Phthalate esters in the Swedish atmosphere. *Environmental Science & Technology*, 24(4). 554. ISSN: 0013-936X.
- [25] Van Der Werf, H. M. (1997). Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*. 31(31). 12.
- [26] Chernyak, S. M., Rice, C. P., & McConnell, L. L. (1996). Evidence of currently-used pesticides in air, ice, fog, seawater and surface microlayer in the Bering and Chukchi Seas. *Marine pollution bulletin*. 32(5). 410. ISSN: 0025-326X.
- [27] Biego, G. H. M., Yao, K. D., Ezoua, P., & Kouadio, L. P. (2010). Assessment of organochlorine pesticides residues in fish sold in Abidjan markets and fishing sites. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 10(3). 2306. ISSN: 1684-5374.
- [28] El-Wakeil, N. E. (2013). Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65(4), 125, EISSN: 1439-0345.

- [29] Pimentel, D., & Edwards, C. A. (1982). Pesticides and ecosystems [en ligne]. *BioScience*. 32(7). 595. EISSN: 1525-3244.
- [30] Keikotlhaile, B. M., Spanoghe, P., & Steurbaut, W. (2010). Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: a meta-analysis approach. *Food and Chemical Toxicology*. 48(1). 1. EISSN: 0278-6915.
- [31] Finlayson, D. G., & MacCarthy, H. R. (1973). Pesticide residues in plants. In *Environmental pollution by pesticides*. Springer US. 58.
- [32] Bajwa, U., & Sandhu, K. S. (2014). Effect of handling and processing on pesticide residues in food-a review. *Journal of food science and technology*. 51(2). 201. EISSN: 0975-8402.
- [33] Son, D., Somda, I., Legreve, A., & Schiffers, B. (2017). Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahiers Agricultures*. 26(2). 25005. 2.
- [34] Wilson, C., & Tisdell, C. (2001). Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological economics*. 39(3). 453. EISSN: 0921-8009.
- [35] Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec. Direction des communications, & Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec. Service du répertoire toxicologique. (2004). *Notions de toxicologie*. Montréal: Commission de la santé et de la sécurité du travail. ISBN : 2-551-22538-8. P 20.
- [36] Samuel, O., & Saint-Laurent, L. (2001). *Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère*. Montréal: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec. 5-17. ISBN: 2-551-21353-3.
- [37] Stenersen, J. (2004). *Chemical pesticides mode of action and toxicology*. CRC press. 216, 226. ISBN:0203646835, 9780203646830.
- [38] MILON, A., & VERNEZ, D. (2007). Traitements phytosanitaires: évaluation des risques pour l'utilisateur. *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture*. 39(1). 79. ISSN : 0375-1430.
- [39] Moundosso, A. (2013). *Message de la sécurité-santé au travail*. Editions Publibook. 205. ISBN: 2342007310, 9782342007312.
- [40] Food & Agriculture Org. (2002). *Directives sur la bonne pratique de l'application terrestre des pesticides*. 12. ISBN : 9252047182, 978925204718.
- [41] Al-Saleh, I. A. (1994). Pesticides: a review article. *Journal of environmental pathology, toxicology and oncology: official organ of the International Society for Environmental Toxicology and Cancer*. 13(3). 151. ISSN: 0921-8009.

- [42] Maroni, M., Fanetti, A. C., & Metruccio, F. (2005). Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. *La Medicina del lavoro*. 97(2). 430. EISSN: 0921-8009.
- [43] Multigner, L. (2005). Effets retardés des pesticides sur la santé humaine. *Environnement, risques & santé*. 4(3). 189. ISSN: 1635-0421.
- [44] Pani, B. (2010). *Textbook of toxicology*. IK International Pvt Ltd. 2, 10. ISBN: 9380578407, 9789380578408.
- [45] Markert, B., & Friese, K. (Eds.). (2000). *Trace elements: their distribution and effects in the environment* (Vol. 4). Elsevier. 8. ISBN: 0080543138, 9780080543130.
- [46] Boelsterli, U. A. (2007). *Mechanistic toxicology: the molecular basis of how chemicals disrupt biological targets*. CRC Press. 5. ISBN: 9780849372728.
- [47] Horrigan, L., Lawrence, R. S., & Walker, P. (2002). How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental health perspectives*. 110(5). 449, 450, 451. ISSN-L: 0091-6765.
- [48] Cox, C., & Sorgan, M. (2006). Unidentified inert ingredients in pesticides: implications for human and environmental health. *Environmental health perspectives*. 1803.
- [49] Prouvost, H., & Declercq, C. (2005). Exposition de la population aux pesticides dans la région Nord-Pas-de-Calais: apports du programme phyto air. Lille: Observatoire Régional de la Santé Nord-Pas-de-Calais. 9, 10.
- [50] Chubilleau, C., Comte, J., Ben-Brik, E., Pubert, M., Hulin, A., Leonard, S., & Ingrand, P. (2012). Étude écologique du lien entre pesticides et mortalité en Poitou-Charentes entre 2003 et 2007. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*. 15, 20.
- [51] Longnecker, M. P., Rogan, W. J., & Lucier, G. (1997). The human health effects of DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane) and PCBs (polychlorinated biphenyls) and an overview of organochlorines in public health 1. *Annual review of public health*. 18(1). 211. EISSN: 1545-2093.
- [52] Dich, J., Zahm, S. H., Hanberg, A., & Adami, H. O. (1997). Pesticides and cancer. *Cancer Causes & Control*. 8(3). 420. ISSN: 1573-7225.
- [53] Bretveld, R. W., Thomas, C. M., Scheepers, P. T., Zielhuis, G. A., & Roeleveld, N. (2006). Pesticide exposure: the hormonal function of the female reproductive system disrupted. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 4(1). 30. ISSN: 1477-7827.
- [54] Whyatt RM, Rauh V, Barr DB, Camann DE, Andrews HF, Garfinkel R, Hoepner LA, Diaz D, Dietrich J, Reyes A, Tang D, Kinney PL, Perera FP. (2004). Prenatal insecticide exposures and

- birth weight and length among an urban minority cohort. *Environ Health Perspect* 2004. 112: 1125-1132.
- [55] Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J & D'amore, M. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*. 42(10). 751, EISSN: 15253244.
- [56] Klein, D., Dillon, J. C., Jirou-Najou, J. L., Gagey, M. J., & Debry, G. (1986). Cinétique d'élimination des composés organochlorés au cours de la première semaine d'allaitement maternel. *Food and chemical toxicology*. 24(8). 869.
- [57] Polder, A., Skåre, J. U., Skjerve, E., Løken, K. B., & Eggesbø, M. (2009). Levels of chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls in Norwegian breast milk (2002–2006). and factors that may predict the level of contamination. *Science of the Total Environment*, 407(16). 4584. ISSN: 0048-9697.
- [58] Chauhan, R. S., & Singhal, L. (2006). Harmful effects of pesticides and their control through cowpathy. *International Journal of Cow Science*. 2(1). 65.
- [59] Dikshith, T. S. S. (1990). *Toxicological Study of Pesticides in Animals*. CRC press.184. ISBN: 084936907X, 9780849369070.
- [60] Knežević, Z., & Serdar, M. (2009). Screening of fresh fruit and vegetables for pesticide residues on Croatian market. *Food Control*, 20(4), 419-422. ISSN: 0956-7135.
- [61] République Algérienne Démocratique et Populaire. (2011). Rapport national de l'Algérie. 19^{ème} session de la Commission du Développement Durable des Nations Unies (CDD-19). 11.
- [62] JORA. (2004). Journal n° 64. La Loi n°87-17 du 1^{er} Aout 1987 relative à la protection phytosanitaire.
- [63] De Castro, M. L., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2384.
- [64] Hwang, B. H., & Lee, M. R. (2000). Solid-phase microextraction for organochlorine pesticide residues analysis in Chinese herbal formulations. *Journal of Chromatography A*, 898(2), 245-256.
- [65] Arpino, P. (2008). *Couplages chromatographiques avec la spectrométrie de masse*. II. Ed. Techniques Ingénieur. 2 (1 491), 2.
- [66] Sermakkani, M., & Thangapandian, V. (2012). GC-MS analysis of *Cassia italica* leaf methanol extract. *Asian journal of pharmaceutical and clinical research*. 5(2). 92,93.
- [67] Haverty, M. I., Page, M., Nelson, L. J., & Blomquist, G. J. (1988). Cuticular hydrocarbons of dampwood termites, *Zootermopsis*: intra-and intercolony variation and potential as taxonomic characters. *Journal of Chemical Ecology*, 14(3).139-142.

- [68] Zhang, M., Resende, F. L., Moutsoglou, A., & Raynie, D. E. (2012). Pyrolysis of lignin extracted from prairie cordgrass, aspen, and Kraft lignin by Py-GC/MS and TGA/FTIR. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 98, 67.
- [69] Wang, H., Wang, C., Wu, W., Mo, Z., & Wang, Z. (2003). Persistent organic pollutants in water and surface sediments of Taihu Lake, China and risk assessment. *Chemosphere*. 50(4). 559.
- [70] Kumar, P. P., Kumaravel, S., & Lalitha, C. (2010). Screening of antioxidant activity, total phenolics and GC-MS study of *Vitex negundo*. *African Journal of Biochemistry Research*. 4(7). 194,195.
- [71] Oie, L., Hersoug, L. G., & Madsen, J. O. (1997). Residential exposure to plasticizers and its possible role in the pathogenesis of asthma. *Environmental Health Perspectives*. 105(9). 972.
- [72] Maruthupandian, A., & Mohan, V. R. (2011). GC-MS analysis of some bioactive constituents of *Pterocarpus marsupium* Roxb. *Int J Chem Tech Res*, 3(3), 1655.
- [73] Lin, Y. J., Lin, C., Yeh, K. J., & Lee, A. (2000). Photodegradation of the herbicides butachlor and ronstar using natural sunlight and diethylamine. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 64(6), 780.
- [74] Lee, T. T. (1976). Insecticide-plant interaction: carbofuran effect on indole-3-acetic acid metabolism and plant growth. *Life sciences*, 18(2), 205-210.
- [75] Srivastava, S., Gupta, M. M., Prajapati, V., Tripathi, A. K., & Kumar, S. (2001). Insecticidal activity of myristicin from *Piper mullesua*. *Pharmaceutical biology*. 39(3). 226.
- [76] Kumari, B., Madan, V. K., Kumar, R., & Kathpal, T. S. (2002). Monitoring of seasonal vegetables for pesticide residues. *Environmental Monitoring and Assessment*, 74(3), 263.
- [77] Restrepo, A. R., Ortiz, A. F. G., Ossa, D. E. H., & Mesa, G. A. P. (2014). QuEChERS GC-MS validation and monitoring of pesticide residues in different foods in the tomato classification group. *Food chemistry*, 158, 153.
- [78] Melo, A., Cunha, S. C., Mansilha, C., Aguiar, A., Pinho, O., & Ferreira, I. M. (2012). Monitoring pesticide residues in greenhouse tomato by combining acetonitrile-based extraction with dispersive liquid-liquid microextraction followed by gas-chromatography-mass spectrometry. *Food chemistry*, 135(3), 1071.
- [79] Saidi, I., Mouhouche, F., & Abri, H. (2017). Determination of pesticide residues on tomatoes from greenhouses in Boudouaou and Douaouda, Algeria. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9(2), 207.
- [80] Essumang, D. K., Dodoo, D. K., Adokoh, C. K., & Fumador, E. A. (2008). Analysis of some pesticide residues in tomatoes in Ghana. *Human and ecological risk assessment*, 14(4), 796.

- [81] Salghi, R., Luis, G., Rubio, C., Hormatallah, A., Bazzi, L., Gutiérrez, A. J., & Hardisson, A. (2012). Pesticide residues in tomatoes from greenhouses in Souss Massa Valley, Morocco. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 88(3), 358.
- [82] Aloul, N. (2003). Recherche de pesticides dans la tomate et les eaux souterraines de la région de Sidi Bou N'Iym: Etude de l'efficacité d'une nouvelle préparation à base d'Amitraz pour lutter contre le varroa, jacobsoni, parasite de l'abeille.
- [83] Arias, L. A., Bojacá, C. R., Ahumada, D. A., & Schrevens, E. (2014). Monitoring of pesticide residues in tomato marketed in Bogota, Colombia. *Food Control*, 35(1), 213.
- [84] Safi, J. M., Abou-Foul, N. S., El-Nahhal, Y. Z., & El-Sebae, A. H. (2002). Monitoring of pesticide residues on cucumber, tomatoes and strawberries in Gaza Governorates, Palestine. *Molecular Nutrition & Food Research*, 46(1), 34.
- [85] Golge, O., & Kabak, B. (2015). Evaluation of QuEChERS sample preparation and liquid chromatography–triple-quadrupole mass spectrometry method for the determination of 109 pesticide residues in tomatoes. *Food chemistry*, 176, 319.



Annexes

Annexe 1 : Composants phytochimiques révélés dans l'extrait des échantillons de tomate 1, 2, 3, 4, 5 et 6 par GC-MS.

Tableau 1: Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 1 par GC-MS.

peak #	R Time	Area	Area%	Height	height%	Name	Base m/z
1	4,087	3005244	10,64	297364	4,92	2-furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	97,00
2	5,184	219117	0,78	40229	0,67	Sulfurous acid, hexyl octyl ester	57,05
3	5,336	172265	0,61	26926	0,45	cis-3-Hexenyl-.alpha.-metlivlbutyrate	57,05
4	5,699	294589	1,04	22244	0,37	I-Undcccnc. 4-methyl-	57,05
5	5,899	608816	2,16	1185781	1,96	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73,05
6	6,386	15518	0,55	453261	0,75	3-Hexadecene, (Z)-	55,05
7	6,845	85013	0,3	11331	0,19	HlexanE, 2,3,4-Trimethyl-	57,10
8	7,301	248594	0,88	46174	0,76	4-Methyldocosane	57,05
9	7,554	1472626	5,21	245974	4,07	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	191,05
10	7,71	403542	1,43	118267	1,96	Dodecane, 2,0,1 I-trimethyl-	71,10
11	7,974	3374422	11,95	734337	12,16	Cyclohepta iloxane. Tetradecamethyl	73,05
12	8,132	172698	0,61	33528	0,56	I-Octanol, 2 2-dimethyl-	71,05
13	8,437	289365	1,02	38638	0,64	Heptane 4-ethyl-	57,05
14	8,587	978468	3,46	281083	4,65	Pentanoic acid. 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl, isobutyl ester	71,05
15	8,715	133021	0,47	64739	1,07	I – Tetradecanol	55,05
16	9,287	2242827	0,79	69214	I-15	Apiol	222,00
17	9,784	4620(3)	1,64	104503	1,73	1 H -Indene. 2,3-dihydro-1,1,3-Irimethyl-3-phenyl-	221,05
18	9,917	2614777	9,26	940266	15,57	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl	73,05
19	10,126	171077	0,61	79114	1,31	Tetrapntacontane	57,05
20	10,427	97265	0,34	15459	0,26	Octadecanoic acid	60,00
21	11,001	75697	0,27	30986	0,51	1-Tridecene	97,10
22	11,150	71523	0,25	13945	0,23	1-Heptanol, 2-propyl-	57,10
23	11,429	160264	0,57	41486	0,69	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149,00
24	11,583	79150	0,28	7948	0,13	1,14-Tetradecanedinl	85,05
25	11,993	1357580	4,81	422659	7	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
26	12,636	86614	0,31	21754	0,36	Tridecanoic acid, methyl ester	74,05
27	12,781	100421	0,36	18694	0,31	Spiro[androst-5-ene-17. I'-cyclobutan]-2'-onc. 3-hydroxy-, (3.heta., 17.bcta.)-	105,10
28	12,977	91248	0,32	26956	0,45	Sulfurous acid, hexyl octyl ester	85,10
29	13,129	835123	6,5	462906	7,66	n-Hexadecanoic acid	73,05
30	14,32	507793	I SO	195666	3,24	cyelononasiloxane, octadecantethyl-	73,05
31	13 169	75320	0,27	28663	0,47	6-Ocladecenoic acid, methyl ester,(Z)-	83,05
32	15,587	351496	1,24	62714	1,04	Oxacycloheptadec-8-en-2-orte	67,05
33	15,708	1915863	6,78	220001	3,64	Oleic Acid	55,05
34	16,151	490923	1,74	747101	1,24	Octadecanoic acid	55,00

35	16,745	252565	0,89	91066	1,51	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	67,00
36	18,817	74097	0,26	7568	0,13	2-Pentyne, 5-methoxy-	73,05
37	19,122	144292	0,51	43118	0,71	Cyclononasiloxane, octadecamethyl	67,00
38	20,79	750831	2,66	54985	0,91	.beta-Sitosterol	414,30
39	21,574	1945027	6,89	557731	9,23	1,2-Benzeneticarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	149,00
40	21,745	145760	0,52	30035	0,5	3-Decyn-I-ol	96,05
41	21,883	279540	0,99	27490	0,46	Cholest->en-3-ol, 24-propylidene-. (3.beta.)	314,20
42	23,217	121083	0,43	6277	0,1	Furazan-3,4-diamine, N,N'-dimethyl-N,N'-dinitro	96,10
43	23,626	115185	0,41	20405	0,34	Cyclooctasiloxane, hexadccamethyl-	355,00
44	24,05	58627	0,21	5835	0,1	Glycine. N-(4-ethylbenzoyl)-. pentadecyl ester	207,90
45	26,686	74539	0,26	10043	0,17	Methyldiallylamine	84,50
46	26,984	136965	0,48	16768	0,28	4-Amino-6-methyl-piperidin-2-one	111,10
47	27,25	119258	0,42	15014	0,25	Pvrrolidinc, 2. beta.-(I-pyrrolidyl)methyl]-	84,10
48	27,357	172163	0,61	35844	0,59	1-Heptatriacotanol	145,10
49	27,483	246370	0,87	16284	0,27	5-Hexynoic acid	60,00
50	28,672	437913	1,55	25230	0,42	Z,Z,Z-4,6,9-N onadecatrienc	79,10
51	28,846	275339	0,97	30028	0,5	Ethyl iso-allocholate	135,05
52	29,203	517903	1,83	4111	1,39	beta.-Silosterol acetate	396,30
		28248874	100	6040214	100		

Tableau 2 : Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 2 par

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	Base m/z
1	3,567	5366666	0,17	847995	0,18		61 .00
2	3,675	17192518	0,53	3774275	0,79	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	144. 05
3	3,967	5387163	0,17	1118176	0,23	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	97,00
4	4,05	7675330	0,24	1613087	0,34		59,00
5	4,167	14272601	0,44	2533683	0,53		55,05
6	4,6	307505982	9,52	169455651	355		97 .00
7	4,723	153784049	4,76	17951387	3,76	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)	97,00
8	5,033	10974751	0,34	860973	0,18		126 .00
9	6,395	28685346	0,89	8687552	1,82	1-Tetradecene	55,00
10	6,517	6748725	0,21	992948	0,21	Tetradecene	57 .05
11	6,679	6505889	0,2	1294126	0,27	Caryophyllene	93,05
12	7,039	13160094	0,41	2186794	0,46	2-Bornanccarhoxylic acid	167 .00
13	7,134	17282901	0,53	3162799	0,66	Dihydrojasmonc	167 .00
14	7,463	22736462	0,7	2257974	0,47	3-Buten-2-one, I-(2,3,6-trimethylphenyl)	173,05
15	7,562	54398531	1,68	27123291	5,68	Phenol. 2,4-bis(I , I-dimethylethyl)-	191,05
16	7,767	27321876	0,85	3704449	0,78		57,05
17	7,971	16525976	0,51	3761579	0,79	Cycloheptasiloxane,tetradecamethyl-	281

18	8,155	26167073	0,81	4496079	0,94	Propylphosphonic acid, fluoroanhydride, 4-methylcyclohexyl ester	127,05
19	8,281	20006694	0,62	34492261	0,72	I-Undecene, 5-methyl-	73,05
20	8,419	13153805	0,41	1865868	0,39		56,05
21	8,6	18261987	0,57	2340198	0,49	Hexano-dibutyryn	71,05
22	8,728	48466712	1,5	21006985	4,4	1-Nonadecene	83,05
23	9,09	6598233	0,2	1237174	0,26	4,4,5,8-Tetramethylchroman-2-ol	173,05
34	9,918	5248102	0,16	2351745	0,49	3.62 1-Nonadcccnc Cyclooctasiloxane. hexadecamethyl-	355
25	10,117	7006564	0,22	1013587	0,21	Octadecane, I-bromo-	137,05
26	10,484	13754263	0,43	2976952	0,62	Tetradecanoic acid	73,05
27	11 021	42915184	1,33	17295543	3,62	1-Nonadecene	83,1
28	11,449	12371604	0,38	5018381	1,05	I,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149
29	11,733	7135991	0,22	470807	0,1	Pentadecanoic acid	57,05
30	11,994	5584472	0,17	1879098	0,39	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
31	12,108	7077224	0,22	2294335	0,48	7.9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	205
32	12,531	8727294	0,27	2568345	0,54	Heneicosane	57,05
33	12,702	12658175	0,39	3206506	0,67	Dibutyl phthalate	149
34	12,983	19365094	0,6	1381434	0,29	6-Tetradecanesulfonic acid, butyl ester	71,1
35	13,609	557268350	17,25	34570536	7,24	n-Hexadecanoic acid	73,05
36	13,869	42025650	1,3	12518548	2,62	1-Nonadecene	97,1
37	14,003	11574459	0,36	3975439	0,83	Eicosane	57,05
38	14,328	7844876	0,24	1238633	0,26	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
39	14,716	6566884	0,2	1236263	0,26	Heptadecanoic acid	73,05
40	14,997	5871387	0,18	10496491	0,22	1-Octadecanol	97,1
41	15,521	13294767	0,41	4695862	0,98	Eicosane	57,05
42	15,982	430110008	13,31	25096054	5,26	Ethanol, 2-(9,12-octadecadienyloxy)-, (Z,Z)-	67
43	16,427	100762186	3,12	14723264	3,08	Octadecanoic acid	73,05
44	16,941	33125092	1,03	6955452	1,46	1-Nonadecene	97,1
45	17,081	20372524	0,63	6726799	1,41	Docosane	57,05
46	18,381	4252160	0,13	946841	0,2	6,9,12,15-Docosatetranoic acid, methyl ester	79,05
47	18,625	23475808	0,73	6638705	1,39	Tetratriacontane	57,05
48	i 9.330	10235641	0,32	2411084	0,51	Eicosanic acid	57,05
49	20,013	11825044	0,37	4076676	0,85	I- Tetracosanol	97,1
50	20,153	21522207	0,67	7311139	1,53	Tetracosane	57,05
51	20,667	5405292	0,17	852657	0,18	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, octyl ester	57,05
52	21,229	8157324	0,25	1855058	0,39	I- Hentetracontanol	57,05
53	21,648	94615671	2,93	24477874	5,13	1,2- Benzendicarboxylic acid disooctyl ester	149
54	21,767	8735749	0,27	17051661	0,36	Octadecanal	57,05
55	22,162	4388002	0,14	787939	0,17	Tetatriacontane	57,05
56	22.3 i 4	7870540	0,24	2121249	0,44	Docosanoic acid	57,05
57	22,583	8993097	0,28	1308183	0,27	Hexatriacontane	57,05

58	22,71	4165530	0,13	1292509	0,27	Pentatriacontane	57,05
59	22,984	10076430	0,31	29860231	0,63	I- Triacontanol	97,1
60	23,114	23492462	0,73	7842286	1,64	Hexatriacontane	57,05
61	23,246	10189181	0,32	2482300	0,52	Pentadecenal-	57,05
62	23,611	6354171	0,2	1170236	0,25	Z-5-Methyl-6-heneicosen-I I-one	57,05
63	23,758	7030969	0,22	1454186	0,30	Tricosanoic acid	57,05
64	24,017	11873667	0,37	1211131	0,25	Tetrapentacontane	57,05
65	24,151	7126621	0,22	1838947	0,39	I-Hentetracontanol	57,05
66	24,533	34209417	1,06	10719335	2,25	Hexatriacontane	57,05
67	24,983	5796425	0,18	673900	0,14	Tetracosane	57,05
68	25,172	7074938	0,22	1731455	0,36	Tetracosanoic acid	57,05
69	25,794	4714142	0,15	1654459	0,35	1 -Triacontanol	97,1
70	25,914	30847192	0,95	10284450	2,15	Hexatriacontane	57,05
71	27,329	176749789	5,47	33079659	6,93	Hexatriacontane	57,05
72	28,427	13883185	0,43	1453705	0,3	1-Pentacosanol	97,1
73	28,6	7485165	0,23	1281225	0,27	1-Triacontanol	83,05
74	28,763	41003301	1,27	9919919	2,08	Hexatriacontane	57,05
75	28,904	6492962	0,20	1430314	0,30	Cholesta-4,6-dien-3-o,(3.beta.) -	394,2
76	29,265	6113816	0,19	1302846	0,27	Stigmastan-3,5-diene	396,25
77	29,964	820556	0,25	1673795	0,35	Tetrapentacontane	57,05
78	30,111	52218661	1,62	7843292	1,64	Vitamin E	430,25
79	30,76	3190116455	9,87	31798025	6,66	Hexatriacontane	57,05
80	31,464	8239304	0,26	1363470	0,29	Campesterol	400,25
		3230565788	100,00	477435453	100,00		

Tableau 3 : Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 3 par GC-MS.

Peak#	R.Time	Area	Area%	height	Height%	Name	base m/z
1	4,099	2272095	0,43	243167	0,42	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	97
2	5,171	361356	0,07	73403	0,13	Decane, 5-ethyl-5-methyl-	71,05
3	5,883	1079510	0,2	260188	0,45	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	340,9
4	6,386	448072	0,08	146691	0,25	Pentadecene	83,05
5	7,555	6308915	1,2	2403240	4,14	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	191,05
6	7,712	762062	0,14	230348	0,4	Eicosane	71,05
7	7,972	4872953	0,92	1592334	2,74	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl	580,95
3	8,217	326948	0,06	127672	0,22	Octadecane, 5-methyl-	71,05
9	8,538	1420705	0,27	508825	0,88	Propanoic acid, 2-methyl-, 1-(1,1-dimethyl-2-phenyl-1,3-propanediyl) ester	71,05
10	8,716	514198	0,1	289066	0,5	I-Heptadecene	83,1
11	9,259	371429	0,07	98530	0,17	Apiol	221,95
12	9,533	588934	0,11	57439	0,1	4-Methyldocosane	207
13	9,783	370893	0,07	133778	0,23	1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-	221
14	9,918	5165907	0,98	2156637	3,72	Cyclotetrasiloxane, hexadecamethyl	354,9

15	10,128	1284891	0,24	246452	0,42	Tetrapentacontane	71,1
16	10,283	767480	0,15	80752	0,14	1,3-Dioxolan-4-one. 2-t-butyl-5-methyl-5-(4,4-dimethoxy-pentyl)-	57,05
17	10,420	877207	0,17	170309	0,29	Tetradecanoic acid	73,00
18	10,620	11478,11	0,22	136)10	0,23	Tetrapentacontane	71,05
19	11,005	1628661	0,31	216416	0,37	I-Nonadecene	83,10
20	11,317	1613008	0,31	116691	0,20		57,05
21	11,433	1389136	0,26	276689	0,48	1,2Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149,00
22	11,517	734891	0,14	194705	0,34	2-Pentadecanone, 6, 10, 14-trimethyl-	58,00
23	11,614	1351260	0,26	262428	0,45	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	95,05
24	11,996	8154440	1,55	1405450	2,42	Cyclolionasiloxane, octadecamethyl-	73,05
25	12,179	1351805	0,26	264984	0,46	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-I-ol	81,05
26	12,367	2059777	0,39	206200	0,36	Tetracosapentaene, 2,6,10,15.19.,23-hexamethyl-	69,05
27	12,550	21577201	0,41	227863	0,39	(E,E)-7,11,15-Trimethyl-3-methyl-ene-hexadeca- 1,6, 10,14-tetraene	69,05
28	12,633	171 1210	0,32	238786	0,41	Hexadecanoic acid, methyl ester	74,00
29	12,767	1576291	0,30	210703	0,36	cis.cis-7. 10.-Hexadecadiol	105,05
30	12,984	1361972	0,26	196217	0,34	Tetracosane	71,05
31	13,151	11052566	2,09	2532109	4,36	1-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	73,00
32	13,583	942299	0,18	76539	0,13	Octadecane, 2.6,10,14-Tetramethyl-	71,10
33	13,838	625536	0,12	112697	0,19	I-Nonadecene	97,10
34	14,322	1801918	0,34	657970	1,13	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
35	15,584	4513953	0,85	833339	1,44	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	81,05
36	15,711	3725176	0,71	419742	0,72	9-Octadecenoic acid, (E)-	55,05
37	16,151	1184170	0,22	252183	0,43	Octadecanoic acid	73,05
38	16,745	1276034	0,24	460510	0,79	Cyclooctasiloxane,hexadecamethyl-	354,90
39	19,119	10996956	2,08	900560	1,55	Cyclononasiloxane,octadecamethyl-	428,90
40	19,338	11820441	2,24	1311159	2,26	Dotriacontane	57,05
41	19,454	15221251	2,88	1474118	2,54	Tetrapentacontane	57,05
42	20,683	8011131	1,52	682429	1,18		109,10
43	20,969	25689518	4,87	1941104	3,36	6a, 14a-Methanopicene, perhydro-1,2,4a,6b,9,9,12a-heptamethyl- 10-hydroxyl-	205,05
44	21,287	50790048	9,62	3101642	5,35	gamma-Sitosterol	414,20
45	21,582	38769252	7,35	5357885	9,23	1,2- Benenedicarboxylic acid, mono (2-ethylhexyl) ester	149,00
46	22,038	19243344	3,65	992844	1,71	Fucosterol	314,10
47	22,433	1637665	0,31	275315	0,47		85,05
48	22,779	10 730 444	2,03	403020	0,69	9,19-Cyclo-9. beta. -lanostane-3. beta.,25 -diol	95,05
49	23,233	2 410 056	0,46	196111	0,34		57,05
50	23,792	27296195	5,17	1756560	3,03	.alpha.Amyrin	218,10
51	24,370	38178855	7,29	2865922	4,94	Z-7-Octadecen- I -ol acetate	96,05
52	24,645	5796532	1,10	604128	1,14	7-Hexadecenal, (Z)	108,05
53	24,964	5835490	1,11	600255	1,14	.beta.-Sitoslerol acetate	396,20
54	25,066	4 711 427	0,89	630797	1,10	Stigmasta-3.5-dien-7-one	97,10
55	25,150	4926520	0,93	554764	0,96		174,00

56	25,551	5258800	1,00	450522	0,78	Eicosane, 2-cyclohexyl-	82,05
57	25,897	73638396	13,95	676 1347	11,65	Tetrapentacontane	57,05
58	26,150	45088141	0,85	395179	0,68	1R,4S,7S,11 R-2,2,4,8-Tetramethyltricyclo[5.1.0(4.11)]undec-8-ene	204,05
59	26,333	1579185	0,30	275964	0,48		231,01
60	26,524	2347638	0,44	298116	0,51	17-pentatriacontene	57,05
61	26,844	10458369	1,98	705345	1,22	9,19-Cyclolanostan-3-ol, 24-ntoethylene-(3.beta.)-	95,05
62	27,026	16430239	3,11	1116136	1,92	7-Hexadecenal, (Z)-	57,05
63	27,360	3031772	0,57	503347	0,87	Stigmast-5-en-3-ol, oleate	145,10
64	27,467	4152703	0,79	442675	0,76	pentatriacontane	57,05
65	27,617	1258734	0,24	323003	0,56	RT:27.617	71,10
66	27,735	4991095	0,95	425931	0,73		73,05
67	27,983	2161672	0,41	252164	0,43		57,05
68	28,136	2798,581	0,53	298204	0,51	Tetrapentacontane	57,05
69	28,285	35189671	0,67	673391	1,16	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta,22Z)-Stigmastan-3.5-dicnc	394,20
70	25,471	3058474	0,58	248936	0,43	5.alpha.-Cholest-8-en-3-one, 14-methyl-	57,05
71	28,688	1595699	0,30	224780	0,39	Stigmastan-3.5-diene	396,25
72	28,854	958471	0,18	163691	0,28	Cholesta-4,6-dien-3-ol, (3.beta.)-	394,20
73	29,211	5372741	1,02	666313	1,15	Stigmastan-3-5-diene	396,20
74	29,317	2661831	0,50	417787	0,72	n-pentadecyclohexane	82,10
75	29,527	11244808	2,13	910416	1,57	Tetracosane	57,05
76	29,85	776343	0,15	129734	0,22	Octadecane, 1,1,'-[1,3-propanediylbis(oxy)]bis-	57,05
77	30,037	749868	0,14	131368	0,23	Vitamin E	430,2
78	30,133	456915	0,09	97789	0,17	Tetracosamethyl-cyclodecasiloxane	220,95
79	30,504	920355	0,17	127194	0,22	Tetrapentacontane	57,05
80	30,868	2271333	0,43	137366	0,24	Tetrapentacontane	57,05
		527710147	100	58020323	100		

Tableau 4 : Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 4 par GC-MS.

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	base m/z
1	3,653	3295649	4,88	840640	6,02	iCyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73,1
2	3,924	1262124	1,87	272290	1,95	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73,05
3	4,149	520750	0,77	52931	0,38	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)	97,05
4	5,667	331966	0,49	25014	0,18	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73,05
5	5,915	1042542	1,54	230616	1,65	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73,05
6	7,332	368867	0,55	85796	0,61	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	73,05
7	7,466	2522126	3,74	1079607	7,73	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	73,05
8	7,562	407610	0,6	1311881	0,94	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	191,1
9	7,982	5098583	7,56	927852	6,64	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	73,1
10	8,14	483072	0,72	156773	1,12	Propanoic acid, 2-methyl-1-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester	71,05

I 1	8,598	845690	1,25	286318	2,05	Propanoic acid, 2-methyl-, I-(1,1-dimethylethyl)-2-methyl-1,3-propanediyl ester	71,05
12	9,785	234312	0,35	120971	0,87	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	355,1
1 3	9,922	1989288	2,95	626283	4,48	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	355,1
14	10,423	157058	0,23	50396	0,36	Tetradecanoic acid	73,05
15	11,436	149692	0,22	65805	0,47	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149,1
16	11,602	316330	0,47	79078	0,57	3,7,1 1,15- Tetramethyl-2-hexadecen-I -ol	68,5
17	12,000	813973	1,21	293073	2,10	Cyclononasiloxane, ocladecamethyl-	73,05
18	12,164	487283	0,72	129163	0,92	6,11-Undecadiene, I-acetoxy-3,7-dimethyl-	94,05
19	12,374	159077	0,24	51819	0,37	6,11-Undecadiene, I-acetoxy-3,7-dimethyl-	81,05
20	12,547	118123	0,18	31855	0,23	(E,E)-7,11,15-Trimethyl-3-methylene-hexadeca-1,6,10, 14-tetraene	69,10
21	13,039	646668	0,96	132734	0,95	1-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	73,05
22	13,163	8416231	12,47	2191023	15,68	n-Hexadecanoic acid	73,05
23	14,328	371453	0,55	1314441	0,94	Cyclononasiloxane. Octadecamethyl-	73,05
24	15,599	5142042	7,62	929651	6,65	9, 12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	67,05
25	15,726	2184850	3,24	544086	3,89	Cyclopentadecanone, 2-hydroxy-	55,05
26	15,817	2640357	3,91	332255	2,38	Octadecenoic acid,(E) -	55,05
27	16,165	2016660	2,99	298080	2 13	3-Cyclopentylpropionic acid, hexyl ester	73,05
28	16,751	409793	0,61	94412	0,68	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	355,10
29	16,931	197004	0,29	35750	0,26	E,E,Z-1,3,12-Nonadecatriene-5,14diol	67,05
30	18,667	140664	0,21	32117	0,23	Octadecanal	82,10
31	19,127	220180	0,33	66057	0,47	Cyclonanasiloxane, octadecamethyl-	73,05
32	21,208	774311	1,15	53741	0,38	11-Dodecen-I-ol monofluoroacetate	96,10
33	21,421	426976	0,63	77556	0,56	cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
34	21,586	653477	0,97	200033	1,43	1.2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexel) ester	149,05
35	21,744	419845	0,62	1464161	1,05	Oxirane. Hexadecyl-	82,10
36	22,495	2387028	3,54	201173	1,44	gamma.-Sitosterol	414,45
37	23,229	153945	0,23	46494	0,33	Oxirane. Hexadecyl-	82,10
38	23,619	152320	0 23	50937	0,36	cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73,05
39	24,667	368539	0,55	61285	0,44	1, 16-Hexadecanediol	82,10
40	24,968	1240051	1,84	232160	1,66	beta.-D-Glucopyranoside, methyl-4-O-decyl-	57,10
41	25,716	322336	0,48	49738	0,36	Cyclononasiloxane, octadecamethyl	73,10
42	25,933	147183	0,22	26972	0,19	psi.,psi.-Carotene, 7,7',8,8',11,11',12,12'.15.15'-decahydro-	69,10
43	26,483	126727	0,19	25742	0,18	Z-12-l'entacosene	57,10
44	26,650	344887	0,51	93696	0,67	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3. beta)-	83,10
45	27,133	1249461	1,85	142912	1,02	Cyclopentane, 1,1 '-[3-(2-cyclopentylethyl)- 1, 5-pentanediy]bis-	97,10
46	27,222	1 218 139	1,81	291213	2,08	Tetracosane	57,05
47	27 .364	547 007	0,81	150237	1,08	beta.-Sitosterol acetate	145,15

48	27,810	1797468	2,66	163328	1,17	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta)-	57,10
49	28,294	1311689	1,94	269484	1,93	Stigmasta-5,22-dien-3-ol, acetate, (3.beta)-	394,40
50	28,467	818595	1,21	73859	0,53	RT:28.467	71,10
51	28,700	80961	1,20	149914	1,07	Stigmastan-3,5-diene	57,05
52	28,865	513 631	0,76	82641	0,59	Cholesta-4,6-dien-3-ol,(3.beta)-	394,35
53	29,218	1831739	2,71`	360881	2,58	Stigmastan-3.5-diene	396,30
54	29,454	715441	1,06	64052	0,46	3,14-Dihydroxy-18-nor-18-propylestra-1,3.5(10)-trien-17-one	296,40
55	30,057	143539	0,20	33065	0,24	Vitamin F	430,40
56	30,522	715127	2,54	304390	2,18	Tetrapentacontane	57,10
57	31,049	3722826	5,52	217853	1,56	Tetracontane	57,10
58	31,370	578545	0,86	76597	0,55	Campesterol	400,40
		67480460	100,00	13971447	100,00		

Tableau 5 : Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 5 par GC-MS.

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	Base m/z
1	3.781	3307336	0.66	429232	0.29	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	110.00
2	4.532	9499525	1.89	1293548	0.86	6-Methyl-1-(phenylmethyl)-1,2,3,6-tetrahydropyridin-3-ol	91.05
3	5.457	49101434	9.75	8610903	5.75	Furyl hydroxymethyl ketone	94.95
4	5.620	12442218	2.47	2188909	1.46	4-Methylpiperidine-1-carboxylic acid, phenyl ester	126.00
5	5.733	2425656	0.48	638506	0.43		124.00
6	5.917	2910761	0.58	254971	0.17		340.90
7	6.275	32820384	6.52	6252537	4.17	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	144.05
8	6.371	5751885	1.14	1104931	0.74	1,4-Cyclohexanedione	56.00
9	6.519	2465688	0.49	507753	0.34	4H-Pyran-4-one, 3,5-dihydroxy-2-methyl-	142.00
10	6.748	4752675	0.94	1056327	0.71	Benzene, 1-(chloromethyl)-2-fluoro-	109.00
11	7.143	2605766	0.52	332600	0.22	Hexanediamide, N,N'-di-benzoyloxy-	105.00
12	7.623	4800532	0.95	589353	0.39	5-Acetoxyethyl-2-furaldehyde	126.00
13	7.965	4268260	0.85	895225	0.60	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	73.00
14	8.099	4416663	0.88	1349917	0.90	p-Toluidine, N-methyl-N-nitroso-	120.00
15	8.661	81337582	16.16	24543277	16.38	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	97.00
16	8.867	52132840	10.36	51577533	34.43	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	96.95
17	9.070	6996917	1.39	2406761	1.61	Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1-methyl-8-(1-methylethyl)-	97.00
18	9.161	8334689	1.66	1698561	1.13	2-Cyclopenten-1-one, 3-ethyl-2-hydroxy-	126.00
19	9.301	8850299	1.76	1747925	1.17	Pentanedioic acid, 2,2-dimethyl-, bis(1-methylpropyl) ester	115.00
20	9.365	5205086	1.03	1075424	0.72		173.05
21	9.500	8520710	1.69	1433166	0.96	2-Aminoxy-4-methylvaleric acid, methyl ester	144.05
22	9.667	8534793	1.70	2235685	1.49	3,4-Dihydroxy-5-methyl-	73.00

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	base m/z
23	9.785	4269748	0.85	1167938	0.78	dihydrofuran-2-one	98.00
24	9.911	9657090	1.92	1509309	1.01	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	354.95
25	10.018	6170597	1.23	1980940	1.32	Vanillin	151.05
26	10.167	4318383	0.86	949272	0.63	1,3,5-Triazine-2-carboxylic acid, 4,6-diamino-	111.00
27	10.239	2994568	0.59	957423	0.64	3-Buten-2-one, 1-(2,3,6-trimethylphenyl)-	173.05
28	10.594	2284057	0.45	599475	0.40	2-Propenoic acid, 3-phenyl-	147.00
29	10.691	3945288	0.78	1234274	0.82	Maltol	126.00
30	11.360	4159887	0.83	971243	0.65	Acetamide, N-methyl-N-(2-propynyl)-	68.00
31	11.510	3504955	0.70	814069	0.54	Benzaldehyde, 3-hydroxy-	122.00
32	11.780	4723968	0.94	1445366	0.96	Furazan-3-ol, 4-amino-	71.00
33	11.928	2170000	0.43	596787	0.40	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73.00
34	12.478	1715231	0.34	435981	0.29	Acetophenone, 4'-hydroxy-	121.00
35	12.569	3260737	0.65	665476	0.44	3,4-O-Isopropylidene-d-galactose	59.00
36	13.173	1739411	0.35	333107	0.22	3-(p-Hydroxyphenyl)-1-propanol	107.05
37	13.429	15376364	3.05	2825866	1.89	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose (levoglucosan)	60.00
38	13.676	2606375	0.52	696225	0.46	Propylphosphonic acid, fluoroanhydride, 4-methylcyclohexyl ester	127.00
39	13.792	3143664	0.62	770327	0.51	4,4,5,8-Tetramethylchroman-2-ol	137.05
40	15.842	1512088	0.30	289960	0.19	Phthalic acid, butyl 3-(2-methoxyethyl)octyl ester	149.00
41	16.086	9473541	1.88	1560453	1.04	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	73.00
42	16.508	4524598	0.90	433659	0.29		354.95
43	17.286	6692008	1.33	1596444	1.07	l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	73.00
44	20.334	2012051	0.40	435675	0.29	Octadec-9-enoic acid	55.00
45	20.517	3037757	0.60	389360	0.26	Octadecanoic acid	73.00
46	20.847	47149289	9.37	10507499	7.01	9-Oxabicyclo[6.1.0]non-6-en-2-one	109.00
47	22.662	12998159	2.58	1481845	0.99	Hexatriacontane	57.05
48	22.900	1348262	0.27	230697	0.15	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	70.05
49	27.150	1871052	0.37	277676	0.19	Tetrapentacontane	57.05
50	27.325	15247303	3.03	2419512	1.62	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	149.00
		503388130	100.00	149798902	100.00		

Tableau 6 : Les composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 6 par GC-MS.

Peak#	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name	base m/z
1	4.272	524373	0.35	52092	0.35	cis-3-Hexenoic acid	67.95
2	5.423	1940594	1.31	210049	1.39	Glycerin	61.00
3	5.617	491483	0.33	83369	0.55	Cyclohexanamine, N-3-butenyl-N-methyl-	126.00
4	5.733	277928	0.19	46431	0.31		124.00
5	5.909	872927	0.59	166238	1.10	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-	73.05

6	6.261	432781	0.29	79854	0.53	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	144.00
7	7.971	2574588	1.73	841099	5.57	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl-	280.95
8	8.083	235387	0.16	65935	0.44	Benzofuran, 2,3-dihydro-	120.05
9	8.494	374578	0.25	91271	0.60	3-Acetyl-2,5-dimethylthiophene	139.00
10	8.623	14943184	10.06	2771378	18.36	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)-	97.00
11	9.915	3022075	2.03	996260	6.60	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	354.95
12	10.149	312542	0.21	64676	0.43	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	192.00
13	10.384	218786	0.15	88745	0.59	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-	191.05
14	10.578	712517	0.48	131618	0.87	2-Propenoic acid, 3-phenyl-	147.00
15	10.687	1627325	1.10	453663	3.01	Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl, isobutyl ester	71.05
16	11.503	199046	0.13	48920	0.32	3-Isopropoxybenzaldehyde	121.00
17	11.932	1405621	0.95	457519	3.03	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73.00
18	12.526	682111	0.46	103589	0.69	3,4-O-Isopropylidene-D-galactose	59.00
19	13.344	609860	0.41	133284	0.88	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose (levoglucosan)	60.00
20	13.663	245128	0.17	59228	0.39	Propylphosphonic acid, fluoroanhydride, 4-methylcyclohexyl ester	127.00
21	14.063	300791	0.20	60787	0.40	Tetradecanoic acid	59.95
22	14.170	633678	0.43	204744	1.36	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73.00
23	14.951	213429	0.14	59201	0.39	Hexadecanoic acid, methyl ester	74.00
24	15.817	255804	0.17	35708	0.24	Phthalic acid, isobutyl 2-methoxyethyl ester	149.00
25	15.993	231931	0.16	51618	0.34	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucofuranose	73.00
26	16.512	320159	0.22	92098	0.61	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl-	354.95
27	17.280	2114264	1.42	406301	2.69	l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	73.00
28	17.500	1362158	0.92	60189	0.40	RT:17.500	149.00
29	17.977	424552	0.29	106325	0.70	11-Octadecenoic acid, methyl ester	55.00
30	18.054	386174	0.26	73878	0.49	RT:18.050	190.90
31	18.217	971383	0.65	60064	0.40	RT:18.217	74.00
32	18.483	646060	0.44	79057	0.52	RT:18.917	71.05
33	18.633	803132	0.54	86181	0.57	RT:18.633	151.10
34	18.813	990499	0.67	147582	0.98	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73.05
35	18.917	890112	0.60	132782	0.88		105.00
36	19.254	1987652	1.34	107136	0.71	Eicosanoic acid, 2-[(1-oxohexadecyl)oxy]-1-[(1-oxohexadecyl)oxy]methyl]ethyl ester	155.10
37	19.750	3462598	2.33	207688	1.38		241.00
38	19.877	4000481	2.69	220260	1.46	13-Docosamide, (Z)-	59.00
39	20.332	683121	0.46	126002	0.83	9-Octadecenoic acid, (E)-	55.00
40	20.513	1004964	0.68	106086	0.70	Octadecanoic acid	73.05
41	21.000	309732	0.21	50791	0.34	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	73.00
42	21.252	1714944	1.15	104617	0.69	Cyclononasiloxane, octadecamethyl-	59.00
43	22.035	2281535	1.54	167565	1.11	4-[3-(4-Fluorobenzyloxy)propyl]-	109.00

1H-imidazole							
44	22.682	3434884	2.31	143059	0.95	RT:22.683	57.05
45	23.009	2553347	1.72	173011	1.15	RT:23.017	81.00
46	23.100	1346282	0.91	165478	1.10	RT:23.100	73.00
47	23.508	12416940	8.36	728758	4.83	Hexatriacontane	57.05
48	23.850	4946732	3.33	255466	1.69		109.00
49	24.167	974564	0.66	137533	0.91	RT:24.167	200.25
50	24.571	4171099	2.81	174799	1.16		394.20
51	25.033	1462095	0.98	115013	0.76		284.90
52	25.140	948867	0.64	137897	0.91	RT:25.133	81.00
53	26.417	21041030	14.17	1039381	6.89	.gamma.-Sitosterol	414.20
54	26.614	28067172	18.90	1318256	8.73	.gamma.-Sitosterol	414.20
55	27.322	9462763	6.37	1013172	6.71	1,2-Benzenedicarboxylic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	149.00
		148517762	100.00	15093701	100.00		

Annexe II : Chromatogrammes des composants phytochimiques révélés dans l'extrait des échantillons de tomate 1, 2, 3, 4, 5 et 6 par GC-MS.

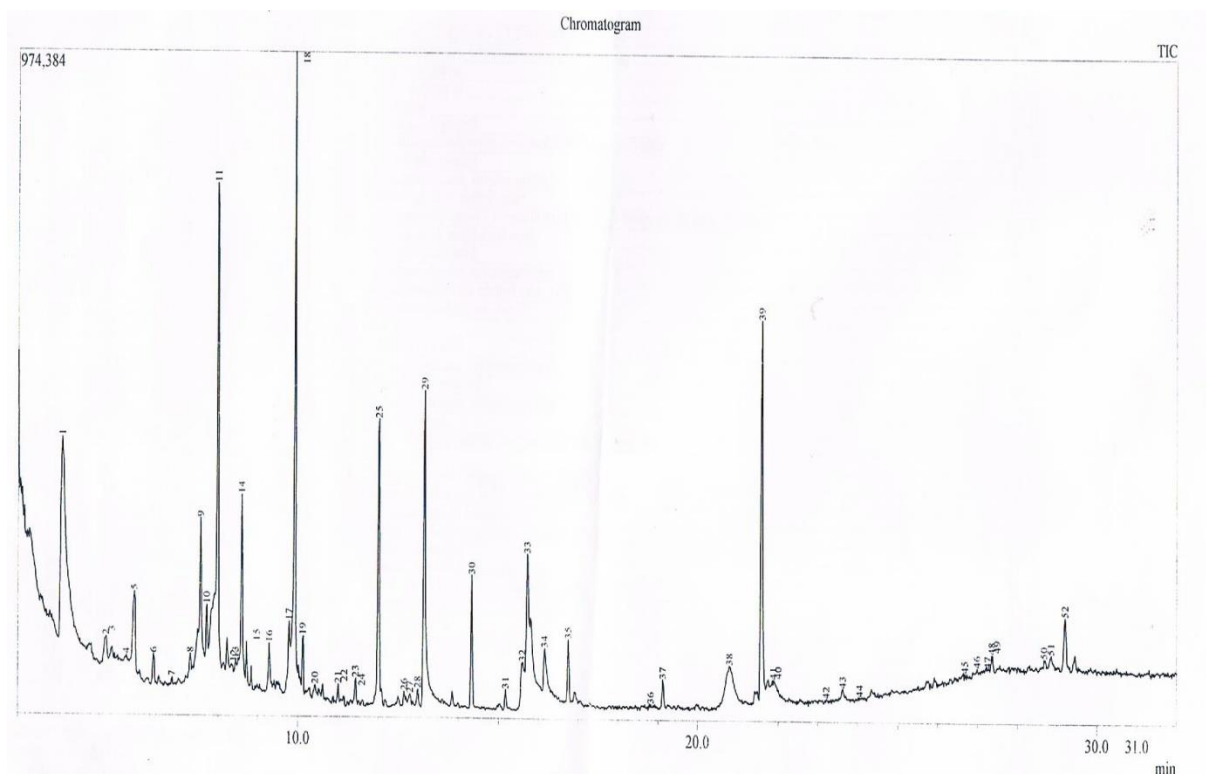


Figure 1 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 1 par GC-MS.

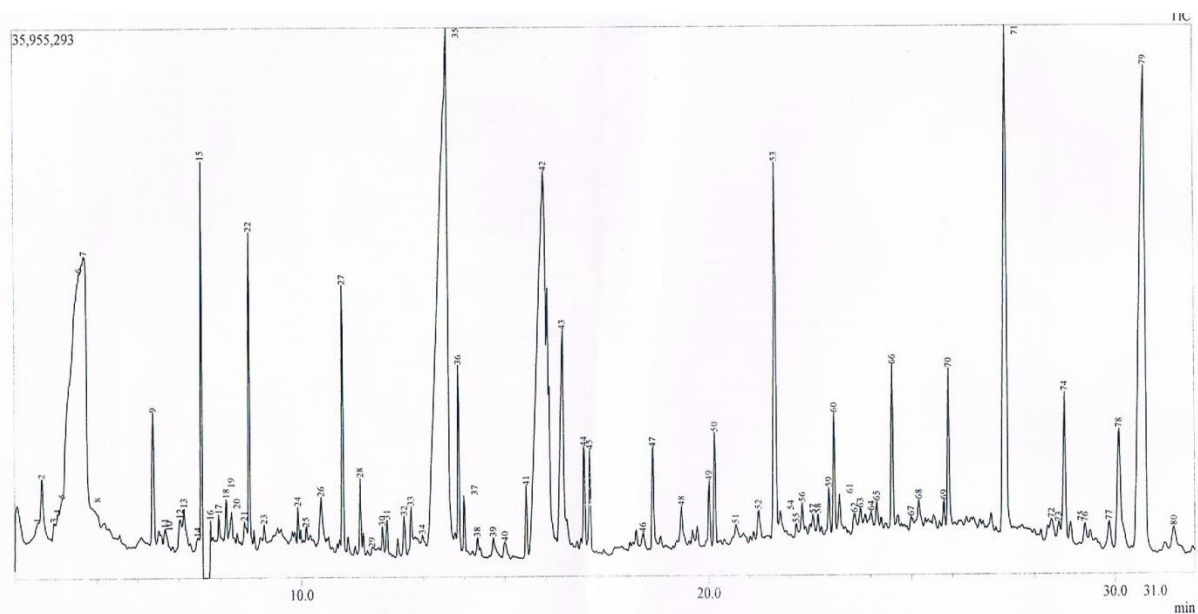


Figure 2 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 2 par GC-MS.

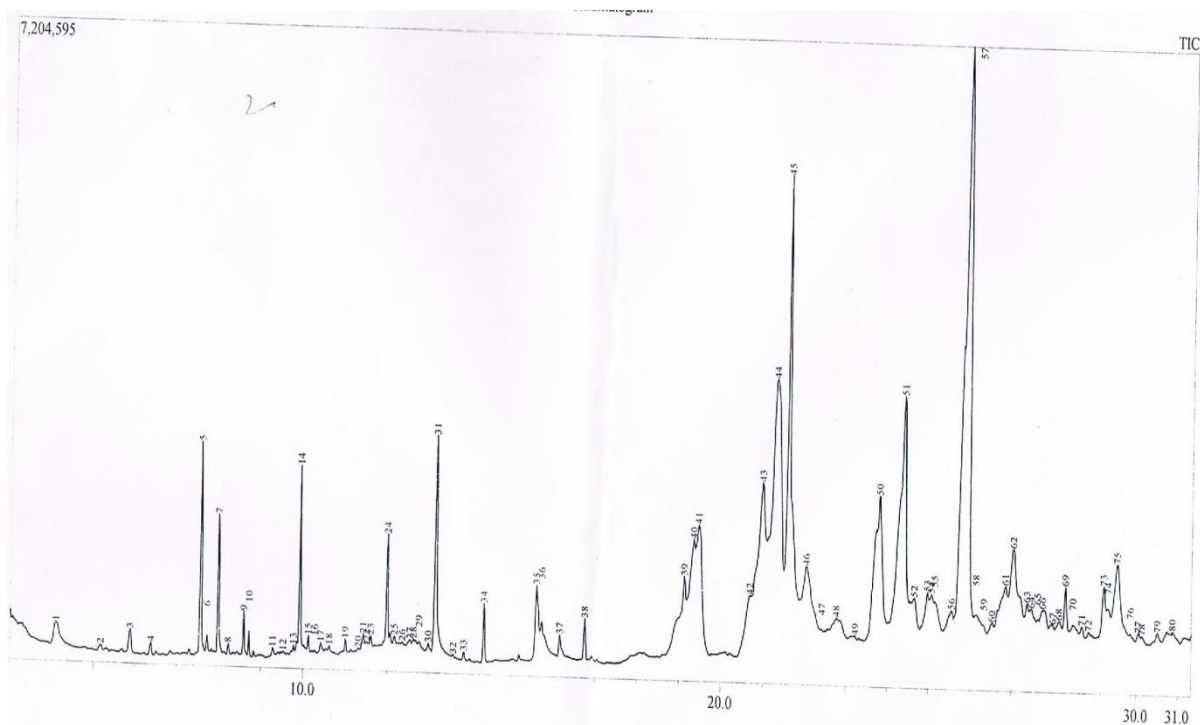


Figure 3 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 3 par GC-MS.

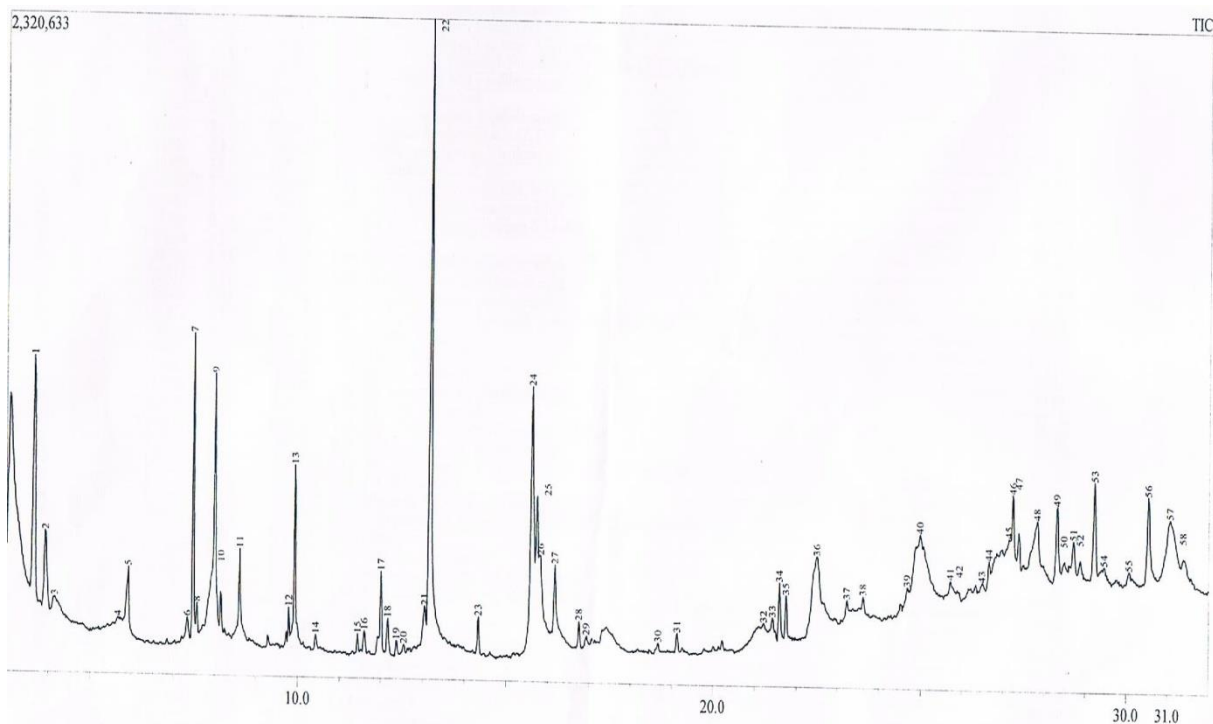


Figure 4 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 4 par GC-MS.

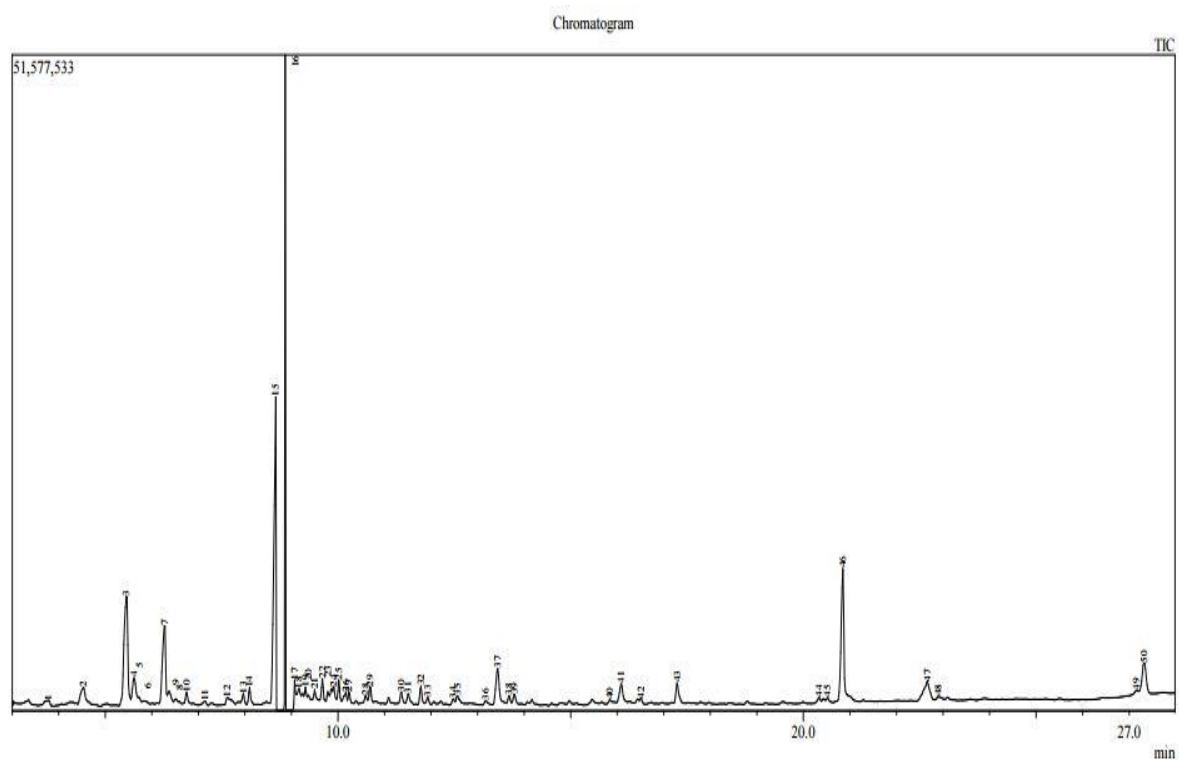


Figure 5 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 5 par GC-MS.

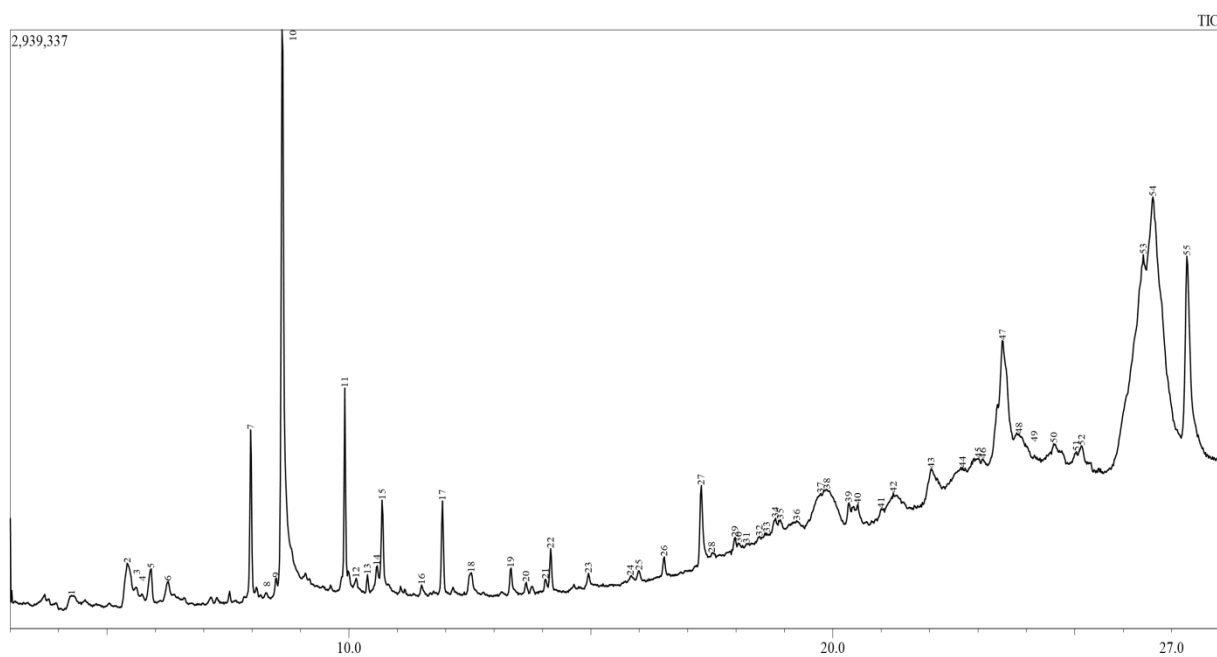


Figure 6 : Chromatogramme des composants phytochimiques révélés dans l'extrait d'échantillon de tomate 6 par GC-MS.

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation de la qualité sanitaire de tomate de consommation cultivée sous serre et commercialisée dans la commune de Jijel à partir d'extraction et d'analyse par CPG-MS des résidus de pesticides.

Les résultats obtenus ont montré une éventuelle contamination par des résidus de pesticides ou par leurs métabolites. Cependant nos résultats ne peuvent être confirmés que par vérification de leurs pourcentages de similarité et comparaison avec les temps de rétention et les spectres de masse obtenus par analyse quantitative à l'aide des étalons analytiques et purs des pesticides. Néanmoins ces résultats doivent être utilisées comme point de référence pour un suivi futur et prendre des mesures préventives pour minimiser les risques pour la santé humaine.

Mots clés: tomate, pesticide.

Abstract

This study focused on the evaluation of sanitary quality of tomatoes of consumption grown under a greenhouse And marketed in the commune of Jijel by the extraction and analysis of pesticide residues.

The obtained results have shown an eventual contamination by pesticides or by their metabolites. However, our results can only be confirmed by verifying their percentages of similarity and comparing them with the retention times and the mass spectra obtained by a quantitative analysis using analytical and pure standards of pesticides. Nevertheless, these results should be used as a reference point for future monitoring and take preventive measures to minimize risks to human health.

Key words: Tomato, pesticide.

ملخص

ركزت هذه الدراسة على تقييم النوعية الصحية للطماطم المزروعة في البيوت البلاستيكية المسوقة و الموجهة للاستهلاك في بلدية جيجل و ذلك من خلال الاستخلاص والتحليل الكروماتوغرافي لبقايا المبيدات. لقد أظهرت النتائج المتحصل عليها تلوث محتمل للطماطم ببقايا المبيدات أو أيضا وعليه ينبغي أن تستخدم هذه النتائج كأساس لرقابة مستقبلية واتخاذ تدابير وقائية للحد من مخاطر هذه المبيدات على صحة الإنسان. بقي أن نشير من جهة أخرى على ضرورة التحقق من النسب المئوية للتشابه والمقارنة مع اوقات الاحتجاز و الأطياف الكتلية المتحصل عليها من خلال التحليل الكمي باستخدام المعايير التحليلية والنقية للمبيدات لتأكيد هذه النتائج.

الكلمات المفتاحية: الطماطم ، المبيدات.