

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du Diplôme de
Master en sciences agronomiques
Option: Transformation et Conservation des Produits Agricoles

Thème

**Évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait
aqueux d'ail (*Allium sativum*) et son application pour
la conservation de la viande fraîche de dinde**

Travail réalisé par :

M^{lle} CHERADI Djamila et M^{lle} SARNI Chafiaa

Soutenu le 20.07. 2016 devant le jury:

Président :	M^r AMROUCHE T.	Maitre de conférences à l'UMMTO
Examineur 1 :	M^{me} HELLAL Z.	Maitre assistante à l'UMMTO
Examineur 2 :	M^r SADOUDI R.	Maitre de conférences à l'UMMTO
Promoteur :	M^{lle} LAMMI S.	Maitre assistante à l'UMMTO

Promotion 2015 - 2016

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements et notre vive reconnaissance à notre promotrice, Mademoiselle LAMMI Sarah, qui a su, à sa façon, nous conseiller et nous orienter tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions vivement les membres de ce jury:

Monsieur le Président du jury, AMROUCHE Tahar, Maître de conférences à l'UMMTO, Nous sommes très honorées que vous ayez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements et soyez assuré de notre profonde gratitude.

Madame HELLAL Zohra, Maître assistante à l'UMMTO, Merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à notre travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.

Monsieur SADOUDI Rabah, Maître de conférences à l'UMMTO, nous vous remercions vivement d'avoir accepté d'examiner notre travail, nous vous sommes très reconnaissantes.

Nous remercions Nabila TARMOUL, pour sa générosité et son soutien.

Nos vifs remerciements s'adressent à l'équipe de microbiologie, Malika BOUANEM, Sonia GUENDOUIZI, Nadia AISSAT, Yacine TITOUCHE, Saliha OUSSAID et MOUALEK I., pour leur aide et leur soutien. Nous remercions également tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail directement ou indirectement, de près ou de loin.

Merci à nos familles qui nous ont soutenu et aidé à surmonter toute difficulté.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
I-Viande de volaille.....	2
I-1-Généralités.....	2
I-1-1-Présentation	2
I-1-2-Classification des volailles	2
I-1-3-Apports nutritionnels.....	2
I-1-4-Composition	3
I-2- Technologie.....	4
I-3-Consommation et production.....	6
I-3-1-Consommation.....	6
I-3-2-Production	7
I-4- Microbiologie.....	9
I-4-1- Les microorganismes pathogènes.....	9
I-4-2- Les microorganismes indicateurs d'hygiène.....	11
I-5-Méthdes conventionnelles pour la conservation de la viande de volaille.....	12
I-5-1-Réfrigération.....	12
I-5-2-La congélation	13
I-5-3-La surgélation	13
I-5-4-Conditionnement sous vide	14
I-5-5-Le conditionnement sous atmosphère modifiée	14
I-5-6-Le fumage.....	15

I-5-7-La salaison et le saumurage.....	15
I-5-8- Séchage.....	15
I-5-9-L'ionisation	16
I-5-10-Additifs alimentaires	16
II - L'ail	19
II-1- Présentation.....	19
II-2- Historique de l'ail.....	20
II-3- Classification d' <i>Allium sativum</i>	21
II-4- Commercialisation et consommation.....	23
II-5- Constituants de l'ail.....	24
II-6-Principes actifs de l'ail.....	26
II-7-Effets thérapeutiques de l'ail.....	28
II-7-1- Effet antimicrobien et antiparasitaire.....	28
II-7-2-Effet antioxydant.....	29
II-7-3- Protection cardio-vasculaire.....	29
II-7-4- Effet sur la digestion	29
II-8- Différentes utilisations de l'ail.....	30
II-8-1- Utilisation culinaire.....	30
II-8-2- Produits pharmaceutiques	30
II-8-3-L'ail dans l'industrie agroalimentaire	31
III - Matériel et méthodes.....	32
III-1- Matériel biologique.....	32
III- 1-1- Ail.....	32
III-1-2-Souches bactériennes utilisées.....	32
III-1-3- La viande de dinde.....	33
III-2- Autre matériel et réactifs.....	33
III-3- Démarche expérimentale.....	34

III-3-1- Extraction du jus d'ail.....	34
III-3 -2 - Confirmation de la pureté des souches bactériennes	35
III- 3-3 - Evaluation de l'activité antibactérienne du jus d'ail « Tests <i>in-vitro</i> »..	37
.....	
III -3- 4 - Détermination de la CMI et la CMB	39
III -3-5- Application du jus d'ail sur la viande de dinde « Tests <i>in- situ</i> ».....	40
III-4- Test de dégustation préliminaire.....	43
III-5- Etude statistique.....	43
IV – Résultats et discussion	45
IV-1- Rendement de l'extraction.....	45
IV-2-Confirmation de la pureté des souches testées.....	45
IV-3-Evaluation de l'activité antibactérienne du jus d'ail «test <i>in-vitro</i> ».....	46
IV-4- Concentration minimale inhibitrice et concentration minimale bactéricide.....	51
IV-5-Application de jus d'ail sur la viande de dinde «test <i>in-situ</i> ».....	53
Conclusion et perspectives.....	63
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	
Abstract	

Liste des abréviations

ANOVA : *Analysis of Variance*

ATCC: *American Type Culture Collection*

AVC : Accidents cardio-vasculaires

BHIB: *Brain Heart Infusion Broth*

CEE: Communauté économique
européenne

CMI : Concentration minimale inhibitrice

DO : Densité optique

E : Erythromycine

ESCOP : la coopération européenne en
phytothérapie

FAO: *Food and Agriculture Organization
of the United Nations*

FPAT : La flore psychrotrophe aérobie
totale

HCMV : *Cytomégalo*virus humain

ISO : *International Organization for
Standardization* (Organisation
internationale de normalisation).

ITAVI : Institut Technique des Filières
Avicoles

MADR : Ministère de l'agriculture et du
développement rural

NAA : Nomenclature Algérienne des
Activités

NIH : Institut National de la Santé
Américaine

O : Oxytétracycline

OCDE : Organisation de Coopération et
de Développement Economique

OFFAL : Activité de l'observatoire des
filières avicoles

OMS : L'organisation mondiale de la santé

ONU: Organisation des Nations Unies

PCA : Plate Count Agar

PMB : polymyxine B

SXT : Triméthoprim-Sulfaméthoxazole

TSE : Triptone-Sel-Eau

UFC : Unité Formant Colonie

Liste des figures

Figure 1 : Consommation mondiale de viande par habitant en 2023 et sur la période 2011-2013	7
Figure 2 : Plante de <i>Allium sativum</i> L.....	20
Figure 3: Changements chimiques dans la gousse d'ail (<i>Allium sativum</i>).....	27
Figure 4 : Extraction du jus d'ail brut.....	34
Figure 5 : Préparation de la viande de dinde dans les boites de Pétri.....	41
Figure 6: Analyse microbiologique de la viande de dinde traitée au jus d'ail (1ml et 2ml/100 g de viande).....	44
Figure 7 : Zones d'inhibition de l'aromatogramme.....	47
Figure 8 : Représentation graphique des diamètres des zones d'inhibitions des différentes concentrations du jus d'ail sur les souches bactériennes testées.....	50
Figure 9: Représentation graphique du pourcentage d'inhibition de la FPAT de la viande de dinde traitée au jus d'ail.....	54
Figure 10: Evolution de la croissance de la FPAT de la viande de dinde traitée et non traitée avec du jus d'ail pendant 8 jours.....	56
Figure 11 : Boites de Pétri des échantillons de viande de dinde traitée et non traitée au jus d'ail et incubées à 37°C	61

Liste des tableaux

Tableau I : Composition des filets, des muscles, des cuisses et de la peau des principales viandes de volailles.....	3
Tableau II : Principaux producteurs de viande de volailles dans le monde (Équivalent carcasse).....	8
Tableau III: Statistiques de l'exportation d'Ail dans le monde en 2010: Les 10 premiers Pays exportateur.....	22
Tableau IV : Consommation mondiale des aulx en milliers de tonnes entre 2005 et 2011.....	24
Tableau V : Composition générale d' <i>Allium sativum</i>	26
Tableau VI : Caractères étudiés sur les souches bactériennes utilisée.....	37
Tableau VII : Préparation des échantillons d'un lot de viande.....	41
Tableau VIII : Diamètres des zones d'inhibition de l'aromatogramme (moyenne \pm écart type) en (mm).....	48
Tableau IX : Diamètres des zones d'inhibition de l'antibiogramme en (mm).....	51

Introduction

Introduction

L'évolution du mode de vie et des habitudes de consommation, ainsi que le développement de la restauration hors foyer, orientent l'industrie agroalimentaire vers la production d'aliments plus élaborés. Afin d'assurer la disponibilité permanente de ces produits, les industriels utilisent différents emballages, traitements de conservation et additifs alimentaires; appliqués surtout pour les produits facilement altérables notamment, les produits laitiers et carnés.

La fréquence de consommation de ces produits, varie d'un pays à un autre selon les conditions socio-économiques. D'après une évaluation des fréquences de consommation alimentaire des ménages algériens, en fonction des caractéristiques socio-économiques (BENSALEM *et al.*, 2014), la consommation globale des viandes blanches est deux fois plus importante que les viandes rouges. Cela est lié au revenu limité des consommateurs algériens et le prix élevé des autres viandes rouges et poissons, ainsi qu'à la production avicole importante en Algérie. Ce qui nous a amené à choisir la volaille comme objet de notre travail.

Le profil microbiologique de la viande de volaille, limite fortement sa date d'utilisation optimale (DLUO) d'où son altération rapide (VAN IMMERSSEEL *et al.*, 2004). Dans le but d'y remédier, on améliore sa qualité et sa durée de conservation par l'adjonction d'additifs alimentaires chimiques. Il s'agit par exemple du nitrite de sodium, du dioxyde de soufre et de sulfites souvent utilisés (AYESSOU *et al.*, 2014). Cependant, pour éviter les effets nocifs de ces additifs chimiques et pour une meilleure sécurité alimentaire, des conservateurs alternatifs d'origine naturelle sont nécessaires, afin de répondre à la demande des consommateurs. Ces alternatives peuvent être la bio-conservation, dont les activités antibactériennes sont reconnues. De plus, l'utilisation des produits naturels est plus économique pour l'industrie agroalimentaire à l'échelle nationale et mondiale.

L'objectif de notre travail est de vérifier dans un premier temps, l'activité antimicrobienne d'un extrait brut de l'ail (*Allium sativum*) ensuite, d'évaluer dans les conditions de traitement, son effet sur la qualité microbiologique de la viande de volaille conservée à la réfrigération pendant une durée déterminée. Cette plante désignée pour cette étude est connue pour son activité antibactérienne, ses propriétés antioxydantes ainsi que ses vertus thérapeutiques reconnues depuis l'antiquité.

Synthèse bibliographique

I-Viande de volaille

I-1-Généralités

I-1-1-Présentation

Le terme "volaille" désigne tous les animaux dits de basse-cour, appartenant généralement aux gallinacés ou aux palmipèdes (LARBALETRIER, 1978) ; tout oiseau élevé ou détenu en captivité à des fins de reproduction, de production de viande, d'œufs de consommation ou de tout autre produit et de repeuplement de population de gibier à plumes (Oie, dinde, poule, canard, pintade, caille, faisan, pigeon...), auxquels s'ajoutent l'autruche et le lapin (CHIBA, 2014).

I-1-2-Classification des volailles

Les volailles sont classées traditionnellement selon la couleur de leur chair et on distingue (CHOUGUI,2015):

- volailles à chair blanche (poules et coqs, chapons, dindes) ;
- volailles à chair brune (canards, oies, pintades, pigeons, cailles) ;
- volailles à chair rose (lapins d'élevage) ;
- gibiers dit à chair noire (venaison, lièvre, gibiers à plumes).

Selon la NAA (Nomenclature Algérienne des Activités), la classe de volaille comprend exclusivement cinq espèces : les poules, les canards, les oies, les pintades et les dindes.

I-1-3-Appports nutritionnels

Les viandes de volailles sont importantes en alimentation humaine ; puisqu'elles permettent un apport protéique intéressant, pour une teneur faible en matières grasses. Elles constituent également une source de vitamines, de minéraux et d'oligo-éléments les moins chers qui existent sur le marché (RAHMANI, 2006).

Selon l'espèce ou le muscle considéré, ces proportions diffèrent. Ainsi, chaque viande a ses propres caractéristiques nutritionnelles, qui parfois se rapprochent plus ou moins entre espèces. Certains facteurs sont susceptibles de faire varier les proportions de ces différents éléments constitutifs. Ainsi, l'âge, le sexe, le mode d'élevage ou encore l'alimentation sont

autant de paramètres qui peuvent influencer sur la composition nutritionnelle des viandes de volailles (BRUNEL *et al.*, 2010).

I-1-4-Composition

La viande de volaille contient 73 à 78 % d'eau, 18 à 24 % de protéines, 0,5 à 7,5% de lipides et environ 1 % de minéraux (voir le tableau I)

Tableau I : Composition des filets, des muscles, des cuisses et de la peau des principales viandes de volailles (DEUMIER, 2000).

Volaille	Masse (g)	Composition % (m/m)				Rapport collagène/protéines	
		Eau	Protéines	Lipides	Cendre		
Poulet	Filet	184	74.0	23.5	1.5	1.0	1.5-2.5
	Cuisse	Nd	72.8	18.32	7.67	1.02	5-8
	Peau	Nd	35-40	9-12	45-50	0.4-0.6	77-56
Dinde	Filet	2071	74.0	21.5	1.5	1.1	1.5-2.5
	Cuisse	Nd	72-74	20-22	4.6	0.8-1.2	4.5-7.5
	Peau	Nd	34-44	9-13	45-60	0.4-0.6	47-66
Canard maigre	Filet	270	77.8	17.9	2.5	1.2	4.5
	Cuisse	Nd	73-75	20-21	4.5-5.5	1.3-1.5	16-17
	Peau	Nd	19-24	5-8	70-75	0.4-0.7	45-65
Canard Gavé	Magret	241.5	75.3	18.4	4.7	1.2	

(nd) : absence de données

A l'exception du magret de canard gras, ces viandes contiennent peu de lipides. Les dépôts lipidiques sont localisés essentiellement dans la peau et au niveau de la cavité abdominale, les parties intermusculaires présentent un faible dépôt de graisse (RICARD et MARCHE, 1984). Les teneurs en lipides importantes observées chez le canard gras, sont la conséquence du gavage et de l'âge d'abattage plus élevé de ces animaux. Cependant, chez des animaux non gavés, la teneur en lipides des muscles de poulet diminue avec l'âge de l'animal abattu (RABOT *et al.*, 1996).

Globalement, les viandes brunes de volaille sont plus grasses que les viandes blanches. Néanmoins, les volailles de chair fournissent les viandes les moins grasses et les moins

énergétiques de notre alimentation. La dinde est la volaille la moins grasse des espèces présentées, de plus, une partie importante de cette graisse se situe dans la peau et est donc facile à enlever. C'est la dinde qui est la viande la moins calorique avec en moyenne une teneur de 451 kJ pour 100 g de viande crue (BRUNEL *et al.*, 2006).

Les viandes de volailles contiennent une grande variété d'acides gras, dont la teneur est plus ou moins importante, et sont particulièrement riches en acides palmitique et stéarique ainsi qu'en acides oléique et linoléique (BRUNEL *et al.*, 2006). Néanmoins, la matière lipidique issue de la volaille contient peu d'acides gras saturés (30,4 à 45,5 %) et une forte proportion d'acides gras polyinsaturés (16,4 à 31,1 %), par rapport aux autres graisses d'origine animale. Enfin, la teneur en cholestérol des viandes de volaille, à l'exception du canard, est relativement faible (54 à 99 mg/100 g).

D'autre part, la proportion du collagène, rapportée à l'ensemble des protéines de la viande de volaille, est relativement faible (1,5 à 8 pour le poulet et la dinde et 4-16 pour le canard). Or, le collagène, particulièrement pauvre en acides aminés essentiels comme le tryptophane et la lysine, diminue la qualité nutritionnelle et la tendreté de la viande. Cependant, plus un poulet est âgé lors de son abattage, plus sa chair contient de collagène et plus sa tendreté diminue (RABOT *et al.*, 1996).

I-2-Technologie

La préparation de la viande de volaille passe par plusieurs étapes (abattage, épilation, éviscération et conservation). On distingue selon la législation (CHOUGUI, 2015) :

-Une volaille effilée, est un sujet ayant subi l'ablation de l'intestin par l'orifice cloacal sans enlèvement des autres viscères (jabot, foie, gésier, cœur et poumons) ni des abattis (pattes, tête et cou).

-Une volaille éviscérée (ou prête à cuire), a subi l'ablation totale de l'œsophage et du jabot, de la trachée, des viscères thoraciques et abdominaux, du cou et des pattes.

La volaille éviscérée peut être présentée soit sans abats, soit avec abats et dans ce dernier cas le conditionnement du produit est obligatoire.

-Une volaille découpée en morceaux : ailes, cuisses, blanc.

-Une volaille reconstituée : Les rôtis de dindonneau, Steak de volailles et bœuf associé, Steak de volaille et fromage pané.

-Une volaille transformée (DEUMIER, 2000; LEMOINE *et al.*, 2008) :

- La salaison/fumaison à chaud de viande de dinde, de poulet, d'oie et de canard ;
- Produits de type jambon cuit à base de viande de dinde ou de canard ;
- La salaison/fumaison du magret de canard formulé à froid ;
- Bacon de dinde ou de poulet ;
- Saucisses à base de viande de poulet ou de dinde ;
- Saucisson sec à base de viande de poulet ou de dinde ;
- Produits secs de type *charque* ou *jerky*(viande salée, séchée et fumée à froid) à partir de viande de dinde ;
- Produits cuits/frits ou prêts à cuire, à base de viande de poulet ou de dinde, par marinage, formulation et retexturation ;
- Produits de type pâté/haché à base de viande de poulet ou de canard ;
- Surimi de volaille.

D'autres produits à base de viande de volaille, habituellement commercialisés (Normes CEE-ONU, 2015) (LEMOINE *et al.*, 2008) :

-Croquette (nugget) : une «croquette» se compose de viande, peau et/ou muscle pectoral entier, séparés mécaniquement et mélangés à des épices et d'autres ingrédients; reconstituée, panée et/ou enrobée de pâte à frire, elle est frite ou cuite au four.

-Galette de poulet panée : se compose de chutes de poitrine de poulet désossée avec de la viande de côtes et/ou une autre viande de poulet hachée ou reconstituée, mélangée à des épices et d'autres ingrédients; panée et/ou enrobée de pâte à frire, elle est frite ou cuite au four.

- Filet de poitrine de poulet pané : est constitué d'un filet de poitrine de poulet désossé, avec ou sans viande de côtes, mélangé à des épices ou d'autres ingrédients, pané et/ou enrobé de pâte à frire, puis frit ou cuit au four.

-Parties d'ailes de poulet panées : se compose de morceaux d'ailes et de manchons de poulet qui sont mélangés avec des épices et d'autres ingrédients, panés et/ou enrobés de pâte à frire, et frits ou cuits au four.

- Aiguillettes de poulet grillé : se composent de parties de poitrine de poulet ou de viande du haut de la cuisse, avec ou sans peau, sans os, découpées en morceaux qui sont mélangés avec des épices et d'autres ingrédients, puis cuites au four ou sur un grill et/ou un barbecue.

I-3-Consommation et production

I-3-1-Consommation

Les sources de viande les plus communes, sont les espèces animales domestiques telles que bœufs, porcs et volaille (FAO, 2014). Le choix des produits à base de viande consommés obéit essentiellement à leurs prix relatifs, aux goûts et aux préférences culturelles, ainsi qu'aux sentiments des consommateurs au sujet de la santé, de l'environnement et de la praticité. Selon la FAO, le porc est la viande la plus consommée dans le monde, représentant plus de 36% de la ration mondiale. Il est suivi par la volaille et le bœuf, qui comptent respectivement pour 35% et 22%.

Cependant, la croissance de la consommation mondiale de viande aura pour moteur la volaille, qui reste la viande la moins chère et la plus accessible, et qui est considérée comme la plus saine en raison de sa faible teneur en acides gras saturés. En outre, la viande de volaille étant culturellement bien acceptée, sa consommation connaîtra une progression vigoureuse quelle que soit la zone géographique. Tous ces facteurs aidant, elle va représenter la moitié de la hausse de la consommation de viande d'ici à l'an 2023 (DEUMIER, 2000 ; OCDE et FAO, 2014)

En-dehors du fait qu'il s'agit de la viande la moins chère, la volaille est considérée comme une source intéressante de protéines. Elle est largement consommée dans toutes les régions. Le porc est son premier concurrent du point de vue du prix. Toutefois, on n'en consomme pratiquement pas dans des régions comme le Moyen-Orient ou l'Afrique (OCDE et FAO, 2014).

En Algérie, la consommation de la viande de volaille a connu un essor spectaculaire. Le développement de la filière avicole algérienne a permis d'améliorer la consommation des populations en protéines animales à moindre coût (KACI, 2015). Selon les estimations de la Direction du Développement de la Production Avicole au ministère de l'Agriculture,

l'Algérien consomme en moyenne 14 kg de viande rouge, 3 kg de poisson 12 kg de viande blanche (poulet, dinde et gibier) et 162 œufs par an.

Cependant, avec une consommation de 12 Kg de viande blanche par personne et par an, l'algérien demeure parmi les plus faibles consommateurs, loin derrière l'Européen avec ses 23,7 Kg, le brésilien (37 Kg), ou encore l'américain (52,6 Kg) (MADRE, 2012).

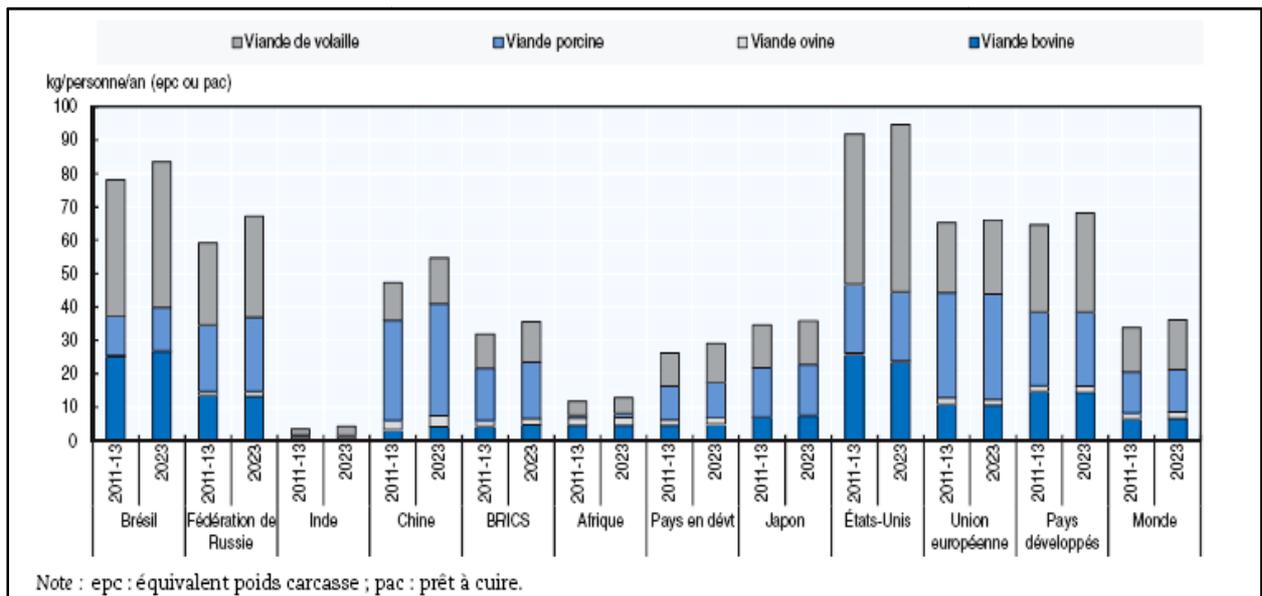


Figure 1 : Consommation mondiale de viande par habitant en 2023 et sur la période 2011-2013 (OCDE et FAO, 2014)

I-3-2-Production

En 2014, la production mondiale de la viande de volaille est estimée à 110,5 millions de tonnes, soit une augmentation de 3,9% par rapport à 2013. Selon la FAO, la production de la viande de volaille progressera de 1,8 % par an de 2015 à 2024, tandis que la production d'autres viandes augmentera seulement de 1,3% par an. Cependant, la filière avicole sera d'ici 2020 la première production dans le monde (134,5 millions de tonnes en 2023) et cela, afin de répondre à l'évolution des préférences alimentaires (ITAVI, 2015).

Tableau II : Principaux producteurs de viande de volailles dans le monde (Équivalent carcasse) (FAO, 2015)

	Production 2014 en MT	Evolution 2014/2013
États Unis	20,3	+ 1,5 %
Chine	18,5	+ 0,5 %
UE	14,1	+ 2,6 %
Brésil	13,3	+ 2,9 %
Russie	3,7	+ 3,9 %
Inde	2,5	+ 1,9 %
Monde	110,5	+ 3,9 %

Aux Etats- Unis, la production de la viande de volaille a atteint 20,3 millions de tonnes en 2014, soit une progression de 1.5% par rapport aux 20 millions de tonnes produites en 2013. Les États-Unis occupent ainsi la première place dans la production mondiale de la volaille devant la Chine (MALPEL et *al.*, 2014).

Selon la FAO, la production de la viande de volaille en Asie est ralentie suite à l'épidémie de la grippe aviaire apparue en Chine. La production de la volaille en Asie est estimée à 38,4 millions de tonnes soit une hausse de 0.9% en 2014 (OCDE et FAO, 2014).

Au Brésil, la production de la volaille en 2014 a augmenté de 2,9% par rapport à 2013 en 2014 soit une production de 13,3 millions de tonnes (FAO, 2015).

Selon la FAO, la Fédération de Russie a produit 3,7 millions de tonnes de volailles en 2014, soit une hausse de 3,9 % par rapport à 2013. Cette progression est liée principalement aux prix favorables de l'alimentation animale et à une diminution de la concurrence extérieure (ITAVI, 2015).

Durant les trois dernières décennies, la filière avicole algérienne a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales (MOHAMED SAID, 2015). L'offre en viandes blanches est passée de 95000 à près de 300 000 tonnes entre 1980 et 2010, soit une

progression de +212 % en 30 ans. Ceci a permis d'améliorer la ration alimentaire moyenne en protéines animales de près de 35 millions d'algériens (KACI et CHERIET, 2013).

Ce développement de l'aviculture, s'explique par le fait que la volaille est une source de protéine acceptée à l'échelle mondiale et ne subit pas de tabous religieux et ethniques, les cycles très courts de 45 à 60 jours et la croissance de la capacité des poulaillers permettent une très grande productivité (MOHAMED SAID, 2015).

Les prix des produits avicoles algériens durant l'année 2015, ont enregistré une baisse de 21% par rapport à 2014. Cela est due principalement à la stabilité du marché international en intrants alimentaires (maïs/ soja) (ITELV-OFAAL, 2015).

I-4-Microbiologie

La viande de volaille est considérée comme responsable de nombreuses infections alimentaires dans le monde (SOFOS, 1994) ; par l'intermédiaire d'agents pathogènes comme *Salmonella spp.*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Aeromonas spp.*, *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica* (DEUMIER, 2000).

L'animal vivant, constitue la principale source de contamination de la viande. Les micro-organismes contaminent les carcasses directement par contact des muscles avec les plumes, les pattes, les viscères et les matières fécales, lors des opérations de transformation. L'eau utilisée abondamment pendant les opérations d'échaudage et de plumaison, constitue une source de contamination des carcasses (KRAFT, 1971).

I-4-1- Les microorganismes pathogènes

Les principales sources de contamination par les microorganismes pathogènes sont :

- matières fécales humaine et animales ;
- écoulement du nez ou de la gorge chez les humains ;
- mains et bras des manipulateurs d'aliments ;
- eau de mer.

Les bactéries pathogènes sont responsables de toxi-infections à la suite d'ingestion d'aliments crus ou pas suffisamment cuits.

□ ***Escherichia coli***

Les nombreuses toxi-infections alimentaires causées par les *E. coli* plus particulièrement les *E. coli* producteurs de shiga-toxines, suite à la consommation des viandes et produits carnés, montrent que la surveillance du circuit de production doit être plus rigoureuse, étant donné les pertes sociales et économiques engendrées (COEN et KARIB, 2006).

□ ***Staphylococcus aureus***

Les *Staphylococcus aureus* à coagulase positive sont redoutés. On les trouve sur les carcasses de bœuf, de volaille et synthétisent des entérotoxines. Ils sont considérés comme des germes pathogènes par rapport à leur coagulase et leur toxine (GHAFIR et DAUBE, 2007).

□ ***Campylobacter***

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Campylobacteriaceae*, ce sont des espèces qui poussent à 42°C. L'homme se contamine par ingestion d'aliments souillés. Les espèces en cause sont: *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Campylobacter lari* et *Campylobacter upsaliensis*. Ce sont de fins bacilles à Gram négatif, flagellés, incurvés, en forme de S ou hélicoïdale (BOUCHER et al., 1994).

Ils se développent dans une atmosphère appauvrie en oxygène (espèces microaérophiles). Le réservoir est principalement constitué par les oiseaux et les volailles (porteurs sains au niveau du tube digestif) qui contaminent ensuite les animaux d'élevage. Les volailles représentent en particulier une source importante de cas sporadiques, et peuvent être à l'origine d'infections chez l'homme (BAILLY et al., 2012).

Les entérites représentent les principales manifestations cliniques de *Campylobacter* chez l'homme. Les entérites à *Campylobacter* présentent une période d'incubation d'environ 3 à 5 jours, elles se traduisent par des douleurs abdominales associées à de la fièvre et aux vomissements, diarrhées (parfois sanguinolentes) durant 2 à 5 jours (TALL, 2003).

□ ***Les Salmonelles***

Les salmonelles sont des bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*, pour la plupart pathogènes des animaux et de l'homme. Ce sont des bacilles droits à Gram négatif. Les salmonelles vivent essentiellement dans le tube digestif des hommes et des animaux. On peut les trouver aussi dans le sang, les ganglions lymphatiques, les œufs ...etc. Les salmonelles sont responsables des maladies avec symptômes diarrhéiques et hyperthermie,

lorsque le système immunitaire de l'hôte est soit déficient, soit dépassé par le nombre de Salmonelles envahissant l'organisme (HUMBERT, 1992).

Les salmonelles se multiplient au niveau du tube digestif de l'hôte colonisé. Elles ne se multiplient donc pas ou peu dans l'environnement, mais elles y sont excrétées en grand nombre par l'intermédiaire des fèces des malades ou des porteurs sains.

Les salmonelles survivent dans cet environnement pendant des jours, des mois ou des années selon le support, la condition de température, de pH ou d'humidité (GLEDEL, 1985).

I-4-2- Les microorganismes indicateurs d'hygiène

Les microorganismes indicateurs d'hygiène, mettent en évidence les conditions hygiéniques au sein d'un élevage ou en divers points de la filière de distribution des produits avicoles.

Les microorganismes indicateurs d'hygiène pour la volaille sont constitués par:

□ La flore aérobie mésophile totale

Correspond à des bactéries indicatrices d'hygiène (test d'hygiène), dont le dénombrement constitue une bonne méthode d'appréciation de la qualité microbiologique de la viande de volaille et de l'application des bonnes pratiques d'hygiène. Une flore mésophile trouvée en grande quantité indique que le processus d'altération de la viande est engagé. Ces germes, ont une température optimale de croissance de 30°C et sont le reflet des mauvaises conditions d'hygiène générale (TALL, 2003).

□ Les coliformes thermotolérants

Ces coliformes sont des germes témoins d'une contamination fécale. Cette population microbienne est assimilable en pratique à *Escherichia coli*. Ainsi, le dénombrement de coliformes fécaux permet de suivre l'hygiène des manipulateurs de la viande, dans tout son circuit économique. Ces germes peuvent devenir pathogènes pour le consommateur lorsqu'ils sont présents en grand nombre (TALL, 2003).

Les *Escherichia* possèdent les caractères bactériologiques classiques des Entérobactéries. *E. coli* est un bacille à Gram négatif anaérobie facultative, possédant des caractères biochimiques particuliers dont la production d'indole à partir du tryptophane, l'absence d'utilisation du citrate comme source de carbone et l'absence de production d'acétoïne.

Les *E. coli* font partie de la flore microbienne du côlon chez l'homme et de l'appareil digestif des animaux à sang chaud. Sa présence dans l'eau, les aliments, est anormale, elle permet d'apprécier leur qualité bactériologique. A ce titre, *E. coli* est un indicateur très utilisé pour rechercher et mesurer une pollution fécale (MUTSCH, 2015).

□ **Staphylocoques à coagulase positive**

Ce sont les staphylocoques présumés pathogènes. Ils sont représentés par *Staphylococcus aureus* et sont d'origine humaine. Ce sont des germes dont le dénombrement traduit la présence de porteurs dans le circuit de la viande de volaille (TALL, 2003).

Les staphylocoques sont des organismes ubiquitaires, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, dont le réservoir est localisé au niveau de la flore commensale de la peau et des muqueuses (nasales, bouche, gorge) des animaux à sang chaud et en particulier de l'homme.

Cette bactérie présente une capacité de survie élevée grâce à ses facultés adaptatrices et au développement de processus de résistance aux stress. Elle est capable de répandre de diverses manières, dont la formation de biofilms plus résistants à des facteurs extrinsèques. Les intoxications alimentaires sont causées par les entérotoxines staphylococciques produites principalement par *Staphylococcus aureus* coagulase positive. *S. aureus* sont généralement thermosensibles et détruits au cours de la pasteurisation ou de la cuisson des aliments (MUTSCH, 2015).

I-5-Méthodes conventionnelles pour la conservation de la viande de volaille

Les viandes de volaille sont des denrées très périssables. Leur production industrielle ne peut se faire que si elle est associée à de méthodes de conservation fiables et de durée convenable.

La conservation est le procédé qui permet d'arrêter ou de ralentir la croissance des bactéries, champignons et autres microorganismes présent dans l'aliment, pour éviter l'intoxication alimentaire ; elle permet également de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement tout en maintenant la valeur nutritionnelle, la texture et le goût. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour conserver les viandes de volailles (CHOUGUI, 2015).

I-5-1-Réfrigération

Consiste à entreposer la viande à une température supérieur à son point de congélation entre 0 et 4°C, dans le but de limiter ou arrêter la croissance de la flore pathogène et

d'altération ; ainsi, elle permet de freiner le développement des germes psychrophiles aérobies Gram négatif à des A_w inférieures à 0.96 et limiter l'activité de germes responsables des intoxications alimentaires qui se multiplient au voisinage de 37°C (BONNEL, 2012).

□ **Inconvénients**

Si la teneur en eau de l'environnement et de surface du produit n'est pas en équilibre, il se produira (CHOUGUI, 2015) :

- Une dessiccation en surface;
- Des changements de poids dus à l'évaporation ;
- Une migration de l'eau dans le produit.

I-5-2-La congélation

Est un procédé qui permet de maintenir la température au cœur de la viande jusqu'à -12°C, en provoquant la cristallisation de l'eau contenue dans les aliments sous forme de glace. L'activité microbienne est donc ralentie. La congélation permet la conservation des aliments à plus long terme que la réfrigération (CHOUGUI, 2015).

I-5-3-La surgélation

Consiste à congeler rapidement la viande saine et en parfait état de fraîcheur en abaissant sa température très rapidement jusqu'à -18°C en tous points (BONNEL, 2012).

□ **Inconvénients**

Parmi les inconvénients de la congélation et la surgélation on cite (AGOULON, 2012) :

- La congélation nécessite beaucoup d'énergie, donc c'est un procédé coûteux ;
- La congélation n'élimine pas toutes les bactéries et celles qui survivent sont réactivées et se développent très rapidement lors de la décongélation ;
- La congélation et la surgélation exigent le respect de la chaîne du froid jusqu'à décongélation ;
- Les viandes peuvent subir une dessiccation selon le temps de leur entreposage, de la variation de températures auxquelles elles sont exposées et l'étanchéité de leur emballage.
- La déshydratation en surface facilite l'oxydation et l'apparition des taches claires appelées « brûlures de congélation ».
- Le rancissement des graisses par hydrolyse et oxydation des acides gras insaturés est favorisé par les variations de températures de stockage ;

- Les levures et moisissures peuvent se développer à des températures inférieures à -18°C et jusqu'à -25°C .

- Dénaturation de protéines lors de la décongélation rapide, entraînant une rupture des parois cellulaires de la viande, qui libère une quantité importante de son jus pendant la cuisson et perd ainsi sa tendreté.

I-5-4-Conditionnement sous vide

Consiste à conditionner la viande dans un emballage hermétique puis, aspirer l'air contenu dans l'emballage et sceller ce dernier. Cela permettra de réduire le taux d'oxygène présent autour de l'aliment et d'empêcher ainsi la prolifération des micro-organismes responsable de la dégradation de l'aliment. La durée de conservation des viandes ainsi présentées peut atteindre, selon les pratiques constatées pour une température comprise entre 0°C et $+2^{\circ}\text{C}$, quatre à six semaines au stade de gros et deux à trois semaines au détail (CHOUGUI, 2015).

Inconvénient

Nécessite la chaîne de froid entre 0 à 4°C afin d'éviter le développement des bactéries anaérobies.

I-5-5-Le conditionnement sous atmosphère modifiée

Consiste à remplacer l'air contenu dans l'emballage par un gaz ou un mélange gazeux (CO_2 , O_2 , Azote), le tout étant ensuite stocké à basse température. Cette technique permet, en réduisant le niveau d'oxygène tout en maintenant le niveau d'humidité, de bloquer la prolifération microbienne et ainsi de prolonger la durée de conservation de la viande tout en préservant ses qualités organoleptiques (BONNEL, 2012).

Inconvénients

- L'apparition d'odeurs fortes ou de putréfaction à l'ouverture, qui résultent de la production de composés volatils par des bactéries aéro-anaérobies ou anaérobies strictes ;

-Le gonflement des sacs qui résulte généralement de la production de gaz (CO_2 et H_2S) par des bactéries présentes sur les viandes conditionnées;

- L'apparition de couleurs anormales sur les viandes qui résultent essentiellement de défauts d'étanchéité des conditionnements, entraînant une oxydation anormale du pigment ;

- La putréfaction des viandes qui résulte du développement de bactéries aéro-anaérobies ou aérobies sur les viandes conditionnées.

I-5-6-Le fumage

Consiste à soumettre la viande à l'action des composés gazeux qui se dégagent lors de la combustion de différents végétaux (chêne, hêtre, noyer...). Le fumage joue plusieurs rôles : aromatisation et coloration de la viande, prolongation de la durée de conservation des viandes, déshydratation partielle de la viande (KNOCKAERT, 2002).

Inconvénients

On reproche au fumage de laisser subsister des résidus cancérigènes. Le goût de la viande et sa texture ne sont plus identiques à ceux du produit d'origine.

I-5-7-La salaison et le saumurage

Consiste à soumettre la viande à l'action du sel, soit en l'appliquant directement à sec sur la surface de l'aliment, soit en l'immergeant dans une solution d'eau salée (saumurage). Cette technique diminue l'activité de l'eau de la viande et permet ainsi, de freiner ou de bloquer le développement microbien. Elle est généralement associée à un ou plusieurs traitements : fumage, séchage...etc. (CHOUGUI, 2015).

Inconvénients

- mauvaise odeur et goût anormaux, goût acide, goût putride ;
- modifications de couleur et de texture et par les conséquences graves, voir mortelles de leur ingestion.

I-5-8- Séchage

Méthode de conservation très ancienne, qui consiste à déshydrater la viande par dessiccation soit au soleil, soit au vent (la viande est exposée au soleil pendant 4 à 5 jours en la retournant une fois par jour), ou alors à la chaleur (au four à une température entre 40 et 60°C). Le produit obtenu constitue entre 60 et 90 % de matière sèche et il est consommé en l'état ou après réhydratation (BONNEL, 2012).

Inconvénient

Modification des qualités organoleptiques due à la chaleur.

I-5-9-L'ionisation

Principe qui repose sur l'exposition de la viande à l'action de rayonnements ionisants électromagnétiques, dans le but d'éliminer les microorganismes. Cette technique est utilisée dans différents produits alimentaires, allant des épices aux grains en passant par le poulet désossé, le bœuf, les fruits et les légumes. L'étiquetage doit mentionner « traitement par rayonnements ionisants » ou « traitement par ionisation » (CHOUGUI, 2012).

□ Inconvénients

- Technique de conservation très couteuse ;
- Modifications chimiques détectables, par l'apparition de saveurs, variation de couleur, diminution de la capacité de rétention d'eau et la réduction de vitamines.

I-5-10-Additifs alimentaires

Selon le *Codex Alimentarius*, les additifs sont définis comme étant des composés généralement non alimentaires, ajoutés à des aliments dans le but d'améliorer leur conditionnement, leur fabrication, leurs propriétés de conservation, leur arôme, leur couleur, leur texture, leur apparence ou de rendre leur consommation plus pratique.

Les conservateurs chimiques n'ont pas la capacité d'améliorer la qualité d'un mauvais produit ni de le rendre sain, ils peuvent seulement conserver ses caractéristiques initiales plus longtemps possible.

Parmi les différents produits expérimentés, dans le but de limiter la prolifération microbienne dans les viandes, on en cite :

- les produits ingérés par les animaux ou injectés avant l'abattage, sont principalement les antibiotiques, des antioxydants et des tranquillisants.
- les produits appliqués sur les carcasses dès l'abattage (des gaz, des liquides et des solutions).
- les auxiliaires de la conservation : les nitrates (NaNO_3 à 500 ppm), les nitrites (NaNO_2 à 200 ppm), les polyphosphates, métabilsulfites (Na, K), les acides organiques (acétique, propionique, sorbique, benzoïque) et leurs sels (Na, K, Ca), les antibiotiques, les antifongiques (tétracycline, griséofulvine, piméricine, rimocidine, nystatine), les épices et les condiments (poivres, oignon, clou de girofle, thym, moutarde, ail... etc.)

□ **Inconvénients**

Les produits chimiques de conservation, sont reprochés d'être cancérigènes et la consommation régulière des aliments qui contiennent ces composés, provoque l'accumulation de ces derniers dans l'organisme ce qui est nocif à la santé humaine. Ainsi, il est important de respecter les doses recommandées pour chaque produit (CHOUGUI, 2012). La législation est devenue de plus en plus strictes envers tous les additifs alimentaires utilisés à des fins de conservation, ces derniers sont rigoureusement réglementés et parmi les critères généraux d'utilisation, ils doivent être sûrs, doivent répondre aux besoins technologiques, et ne doivent pas induire le consommateur en erreur (Règlement (CE) N° 1333, 2008).

La communauté Européenne a établi la liste des additifs pouvant être employés (selon le principe de la liste positive), les produits alimentaires dans lesquels ils peuvent être ajoutés, leurs concentrations maximales et la pureté exigée pour ces additifs.

De plus, les additifs alimentaires doivent être maintenus sous observation permanente et doivent être réévalués chaque fois que cela est nécessaire, compte tenu des variations des conditions d'emploi et des nouvelles informations scientifiques (Règlement (CE) N° 1333, 2008).

Aujourd'hui les consommateurs sont beaucoup plus informés et veulent savoir ce qu'ils consomment. La conséquence de cette prise de conscience a induit une orientation des consommateurs à une alimentation naturelle et plus saine. Cette tendance est générale et l'industrie est contrainte de la suivre.

I-6-Conservation par les huiles essentielles et extraits naturels de plantes

De nos jours, l'utilisation des huiles essentielles et extraits naturels, est de plus en plus répandue que ce soit dans le domaine agroalimentaire, pharmaceutique, ou dans divers commerces. Il existe à l'heure actuelle un intérêt croissant du public pour les produits à base de plantes et un retour aux produits naturels (MAYER, 2012).

En effet, le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques, également la toxicité des antioxydants synthétiques utilisés comme additifs dans l'industrie agro-alimentaire, sont à l'origine de l'orientation du public vers les plantes qui sont caractérisées par des propriétés biologiques importantes (OUIBRAHIM, 2015).

Les extraits naturels issus des végétaux contiennent une variété de composés phénoliques ainsi que des huiles essentielles auxquels on attribue un pouvoir inhibiteur des microorganismes et de capacité anti-oxydantes (HELLAL, 2011).

Plusieurs produits naturels dotés d'activité antimicrobienne sont utilisées dans le domaine agroalimentaire, pour remplacer les produits de synthèses qui s'avèrent néfastes à la santé humaine: l'huile essentielle du clou de girofle, du le thym, de l'eucalyptus, etc.

Parmi ces produits on cite également l'ail (*Allium sativum*), qui a fait l'objet de plusieurs études pour ses propriétés antibactériennes, antioxydantes et pour ses nombreuses vertus thérapeutiques.

II - L'ail

II - 1 - Présentation

L'ail cultivé ou l'ail commun est appelé en latin *Allium sativum* L. Une plante monocotylédone, herbacée, vivace, bulbeuse et à nombreuses fleurs blanches ou roses formant une inflorescence en ombelle. Le bulbe mère repose sur une structure plate appelée plateau d'où partent les racines. Il est entouré environ de 8 à 12 bulbilles ou caïeux couramment désignés sous le terme de gousses (DETHIER, 2010). Le bulbe et les gousses sont entourés de pellicules très fines de couleur blanche ou rose à pourpre. Il existe 700 variétés d'ail qui varient selon leur grosseur, leur saveur et leur couleur. La reproduction de *Allium sativum* est strictement végétative et ceci, à partir d'une gousse.

L'ail est sans doute l'un des légumes les plus anciennement domestiqués par les humains, qui est aussi utilisé dans la médecine traditionnelle pour ces propriétés thérapeutiques recherchées. Pour ce dernier usage l'ail a attiré l'attention de nombreux chercheurs, dont ils se sont servis aussi bien pour se soigner que pour se nourrir. L'ail est non seulement utilisé en cuisine comme condiment pour ses vertus aromatiques, car il relève le goût des viandes et des sauces mais utilisé en phytothérapie vue ses effets anti-tumoraux, anti-cholestérol, antifongiques, antibactériens, antiviraux, antiparasitaires, antioxydants et hypoglycémiant. Il agit aussi sur le système vasculaire (TAHRI *et al.*, 2007).

Parmi les "*Alliums*", l'ail possède la plus puissante et pénétrante odeur, les Grecs l'appelaient "*rose puante*". Le nom commun "ail" et le nom botanique "*Allium*", viennent du mot celtique "*All*" qui signifie "*qui brûle*" (BENZEGGOUTA, 2005).

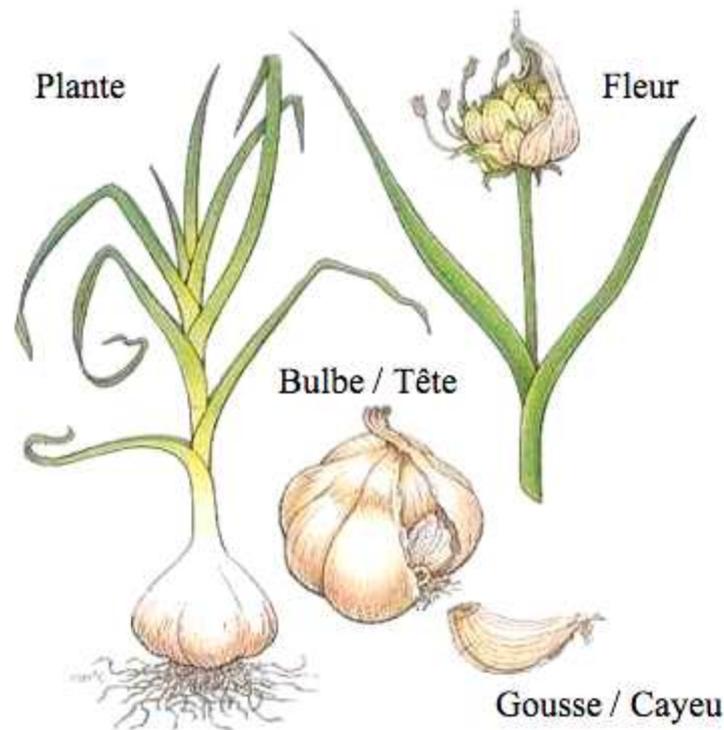


Figure 2 : Plante de *Allium sativum* L. (DETHIER, 2010).

II-2-Histoire de l'ail

L'ail est originaire d'Asie centrale. On pense qu'il dérive de l'espèce asiatique *Allium longicauspis*. On a trouvé des écrits sur des tables en argile datant de l'époque Sumérienne dans lesquels, l'ail est cité comme aliment et comme médicament. Dès 3000 avant J.C, la civilisation s'est épanouie en Egypte, au Moyen-Orient, en Inde et en Chine, et l'utilisation des plantes est devenue plus élaborée. Le premier recueil consacré aux plantes médicinales, le papyrus égyptien Ebers, qui remonte à 1500 av .J-C., est le plus ancien encore conservé, il dresse l'inventaire des plantes médicinales connues à l'époque, avec leur mode d'utilisation. Parmi les plantes répertoriées, on a l'ail (*Allium sativum*) (LAROUSSE ENCYCLOPEDIE DES PLANTES MEDICINALES, 2001).

Hypocrate (337-460avant J.C) le père de la médecine, recommande l'utilisation de cette plante pour ses propriétés diurétiques et laxatives. Il recommandait l'ail pour soigner les infections, les blessures, les tumeurs, la lèpre et les problèmes digestifs (JOURDAIN, 1997 et TOTELIN, 2015).

L'ancien Pline, naturaliste et écrivain latin (23-79 avant J.C), affirme dans son traité d'histoire naturelle que l'ail a des propriétés puissantes. C'est un antidote contre les piqûres des musaraignes, des morsures de chien et de venins de serpents et d'insectes. Louis Pasteur a été le premier à démontrer que l'ail pouvait détruire des bactéries. De l'antiquité jusqu'à la première guerre mondiale, des cataplasmes d'ail étaient utilisés pour prévenir l'infection des blessures (MEDJELDI MARZOUGUI, 2012).

II-3-Classification d'*Allium sativum*

La classification traditionnelle de l'ail, distingue les cultivars selon des critères morpho-physiologiques en fonction de leur période de végétation et de la couleur de la tunique des bulbes et des bulbilles (TOUIL et *al.*, 2015).

Règne :	Plante
Sous règne :	Trachéophyte
Embranchement :	Spermatophytes ou Phanérogames
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Monocotyledonae
Sous classe :	Liliidae
Ordre :	Liliales
Famille :	Liliaceae ou Liliacées
Genre :	<i>Allium</i>
Espèce :	<i>Allium sativum</i>
Nom commun :	Ail

Sous l'appellation de *Allium* sont rassemblées, l'espèce cultivée (*Allium sativum* L) et plusieurs espèces sauvages (MEDJELDI MARZOUGUI, 2012) :

- l'ail des ours, espèce forestière aux feuilles et fleurs en étoiles très odorantes (*Allium ursinum*) ;
- l'ail rose, à fleurs roses et à saveur plus sucrée (*Allium roseum*);
- l'ail d'Espagne ou rocambole de couleur rouge à fleurs mauves et à saveur plus douce (*Allium scoroprasum*) ;
- l'ail sauvage d'Amérique (*Allium canadense*) ;
- l'ail sauvage d'Europe (*Allium oleraceum*) ;
- l'ail des vignes (*Allium vineale*).

Le genre *Allium* comprend de nombreuses autres espèces couramment employées dans l'alimentation ; notamment l'échalote, l'oignon, le poireau et la ciboulette (BREMNESS, 1994 et DETHIER, 2010).

- **Production de l'ail dans le monde**

Selon les statistiques de la FAO de 2007, la Chine est le principal producteur d'ail, cultivant à elle seule 76 % des produits mondiaux. Cette même source a estimé la production mondiale en 2008 à 1,64 Millions de tonnes.

Les principaux pays producteurs d'ail dans le monde après la chine sont : l'Inde, la Corée, les Etats Unis, l'Egypte, la Fédération Russe et autres (Espagne, Argentine, Mexique...) d'après FAOSTAT, la production et l'exportation d'ail a augmenté en 2010 par rapport à 2008 (Tableau III).

Tableau III: Statistiques de l'exportation d'Ail dans le monde en 2010: Les 10 premiers Pays exportateurs (FAOSTAT, 2010).

Pays exportateurs	Production de l'année 2010	Pourcentages
Chine	1 365 187	82,2 %
Argentine	89 265	5,4 %
Espagne	65 802	4,0 %
Pays- bas	26 932	1,6 %
Inde	24 665	1,5 %
Mexique	12 370	0,7 %
France	10 637	0,6 %
Italie	10 509	0,6 %
Emirats Arabes Unis	10 477	0,6 %
Etats Unis	9 483	0,6 %

En France, la production d'ail ne satisfait pas le taux de consommation nationale, alors on fait recours à l'importation du produit Espagnol. Les régions qui cultivent l'ail en grandes quantités sont le Midi-Pyrénées et le Rhones-Alpes (BODNAR, 2014).

En Algérie, les zones de production sont multiples. On a les régions sublittorales et les hautes plaines comme : Biskra, Médéa, M'sila, Skikda, Batna, Tizi-ouzou, Béjaïa, Tlemcen, Guelma, Batna et Oum el bouaghi.

Les variétés d'*Allium sativum* cultivées en Algérie sont : rouge local, rose de kabylie et violet de kadours (ITCMI, 2010).

II-4-Commercialisation et consommation

L'ail figure parmi les espèces culinaires les plus populaires dans le monde entier. Très employé, notamment, dans la cuisine méditerranéenne et asiatique, l'ail est consommé aussi bien frais que traité, par exemple, en pâte, en lamelles, déshydraté, écrasé, etc. Le marché mondial de l'ail s'est accru au cours des dernières années, en raison de changements dans les habitudes de consommation. Aujourd'hui, les qualités prophylactiques et curatives de l'ail, considéré comme l'un des principaux ingrédients de la soi-disant "diète méditerranéenne", sont pleinement démontrées (FAO, 2014).

Aux Etats Unis, la consommation d'ail a augmenté ces dernières années et cela est dû surtout au développement de la restauration asiatique et aussi à la publicité sur les bienfaits de l'ail sur la santé (FAO, 2007).

La tendance mondiale vers la production des aux s'est accrue au cours des dernières années, un phénomène que nous démontre le tableau ci-dessous, fondé sur les comptes-rendus de la FAO pour la période comprise entre 2005 et 2011.

Le commerce mondial de l'ail est dominé par les pays asiatiques. La chine est le premier producteur mondial, la majorité de la récolte provient d'une province agricole située au Sud-Est de Pékin appelée Shandong.

Aux Etats Unis, un quart de la récolte est commercialisé frais. Le reste est vendu aux industriels et aux transformateurs. L'ail frais peut être commercialisé 3 mois après sa récolte ou bien 5 à 8 mois s'il est semi-sec. On le trouve aussi haché et séché, sous forme de poudre ou de crème et sous forme de gousses conservées dans du vinaigre (BODNAR et al., 1997 et FAO, 2007).

La norme vise les variétés et types commerciaux des bulbes issus d'*Allium sativum*L., destinés à être livrés à l'état frais, semi-secs ou secs au consommateur, après conditionnement et emballage, à l'exclusion des aux destinés à la transformation industrielle.

Les normes internationales ISO ont spécifié des normes pour l'ail :

- ISO 5560 : 1997. Norme Internationale. Ail déshydraté (*Allium sativum*) – Spécificité.
- ISO 6863 : 1995. Norme Internationale. Ail. Stockage en chambre froide.

Pour prolonger la période d'entreposage, on utilise une technique qui permet d'irradier l'ail pour qu'il ne germe pas (MEDDEB, 2008). La conservation des bulbes d'ail séchés se fait à une température comprise entre 12 et 15 °C dans des locaux secs et aérés (ITCMI, 2010).

La tendance mondiale vers la production des aulx s'est accrue au cours des dernières années, un phénomène que nous démontre le tableau ci-dessous, fondé sur les comptes-rendus de la FAO pour la période comprise entre 2005 et 2011.

Tableau IV : Consommation mondiale des aulx en milliers de tonnes entre 2005 et 2011 (FAO, 2014).

Année	Consommation mondiale des aulx en milliers de tonnes
2005	15066
2006	15323
2007	20085
2008	22790
2009	22010
2010	22593
2011	23770

II-5-Constituants de l'ail

La valeur énergétique de l'ail est 138,7 kcal/100g. La gousse contient 65% d'eau, 28% de polysaccharides de stockage, 2% de protéines dont essentiellement des enzymes(alliinase et peroxydases...), 12% d'acides aminés libres (alanine, arginine, acide aspartique, asparagine, histidine, leucine, méthionine, proline, tryptophane, phénylalanine, sérine, thréonine et valine.

L'ail est riche en calcium, en phosphore et en soufre (SALEH *et al.*, 2015). On y trouve aussi du potassium, du zinc, du cuivre, du magnésium et des oligo-éléments comme, le sélénium et germanium. Cette plante renferme aussi des vitamines A, B1, B2, PP, C, les acides gras essentiels (vitamine F).

D'autres composants sont également identifiés, parmi lesquels on a les pigments phénoliques, les terpénoïdes, les saponines (β -chlorogénines) et les antibiotiques (AGARWAL, 1996 ; MEDJELDI MARZOUGUI ,2012).

Le tableau V donne les pourcentages des principaux constituants d'ail frais :

Tableau V : Composition générale d'*Allium sativum* (MEDDEB, 2008).

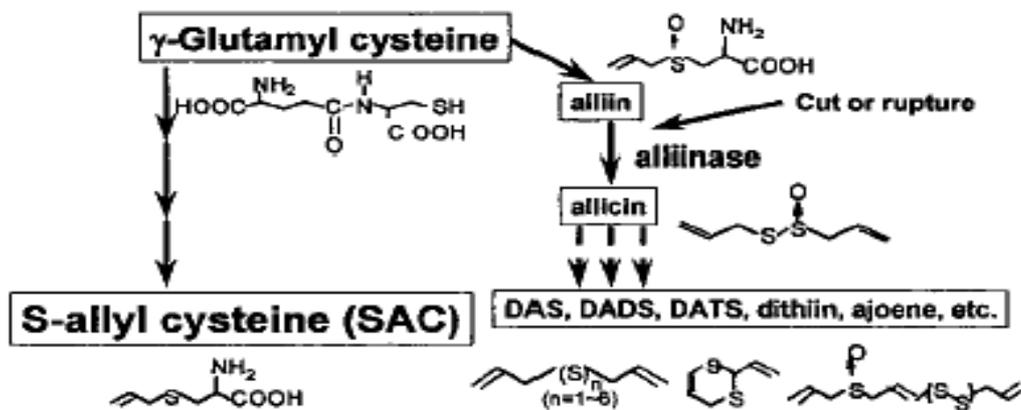
Composants	Teneur (% poids frais)
Eau	62 – 68
Carbohydrates	26 – 30
Proteines	1,5 - 2,1
Acides aminés	1 - 1,5
Acides aminés : cystéine sulfoxides	0,6 - 1,9
γ - glutamylcystéinse	0,5 - 1,6
Lipides	0,1 - 0,2
Fibres	1,5
Composés soufrés totaux	1,1 - 3,5
Sulfures	0,23 - 0,37
Nitrogène	0,6 - 1,3
Minéraux	0,7
Vitamines	0,015
Totalité des composés solubles dans l'huile	0,15 - 0,7
Totalité des composés solubles dans l'eau	97

II-6- Principes actifs de l'ail

L'ail frais renferme des quantités importantes de γ -glutamylcystéines, composés de réserve, lesquels, par hydrolyse et oxydation peuvent former de l'alliine (la cystéine sulfoxyde), molécule majoritaire (AGARWAL,1996), qui représente 24% du poids total du bulbe. Cette molécule présente dans les bulbes intacts, peut s'accumuler naturellement durant la conservation de l'ail à température ambiante. Elle s'est avérée être le précurseur stable converti en allicine par l'action d'une enzyme nommée l'alliinase. Cette réaction ne peut avoir lieu que si les tissus sont écrasés ou endommagés car les deux composés se trouvent dans des compartiments cellulaires différents. Les γ -glutamylcystéines donnent aussi des S-allyl-L-cystéine (XU et *al.*, 2015).

Les principes actifs de la gousse d'ail sont séparés en deux groupes, les composés volatils et non volatils. La transformation de l'alliine (figure 3), précurseur aromatique principal, en diverses molécules odorantes aux propriétés démontrées, est la clé de la génération de la plupart des molécules actives de l'ail. (DETHIER, 2010).

L'allicine est une molécule volatile qui est miscible dans les solutés. Elle est rapidement oxydée pour donner naissance aux disulfures d'allyles qui sont les principaux constituants de l'essence d'ail. Par condensation, ces derniers donnent des composés secondaires appelés les Ajoènes, les Diallyl sulfures, les Diallyl disulfures, les Diallyltétrasulfures et autres qui sont



également responsables de l'odeur de l'ail (PITTLER et ERNST, 2007).

Figure 3: Changements chimiques dans la gousse d'ail (*Allium sativum*) (MEDDEB, 2008).

Ces composés dérivant de l'allicine sont des molécules organosoufrées, notamment des thiosulfonates qui sont situées dans le cytoplasme des cellules du bulbe. Le processus de transformation est décrit dans la figure 3.

L'action de l'alliinase donne des thiosulfonates (XU et al., 2015). Ces derniers sont des molécules très instables, elles donnent plusieurs composés sulfurés. La concentration de l'alliine et les sulfoxydes augmente avec le vieillissement du bulbe.

L'ail contient aussi des saponines, des sapogénines, certains flavonoïdes (apigénine, quercétine et myricétine) ainsi que les composés phénoliques.

II-7- Effets thérapeutiques de l'ail

L'ail est utilisé en cuisine pour relever le goût des aliments, mais ses nombreuses propriétés thérapeutiques en font un complément alimentaire prisé.

En effet, des qualités antimicrobiennes, antioxydantes, anti-inflammatoires, anti-tumorales et de prévention du cancer lui ont été reconnues. En outre, il aurait le pouvoir d'inhiber la coagulation, de réduire l'hypercholestérolémie et le taux de lipides sanguins, ou encore de faciliter la digestion. L'ail prévient aussi le risque de thrombose et d'athérosclérose. Enfin, il diminue l'hyperglycémie et la tension sanguine (DETHIER, 2010).

II-7-1- Effet antimicrobien et antiparasitaire

L'Allicine et d'autres composés soufrés sont considérés comme les principaux composés responsables de l'effet antimicrobien de l'ail. L'ail est efficace contre un certain nombre de bactéries Gram négatif, Gram positif et certains champignons.

Certaines bactéries Gram positif sont plus sensibles au jus d'ail, comme c'est le cas de *Staphylocoque aureus*, que les bactéries Gram négatif. Les germes réagissant à l'extrait d'ail sont nombreux comme *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *Shigella* et *Vibrio cholerae* (AHSAN et al., 1996).

Il a été montré que l'extrait aqueux d'ail peut être utilisé associé aux antibiotiques conventionnels, contre les agents d'infections nosocomiales fréquentes dans les hôpitaux. Parmi les champignons qui sont sensibles à l'ail, on a le *Candida albicans*. Il a été constaté dans une étude que la polymyxine B (PMB), est efficace contre diverses levures et les champignons filamenteux lorsqu'elle est utilisée en combinaison avec l'allicine.

Les virus sensibles à l'ail sont nombreux. Par exemple le *Cytomégalovirus* humain (HCMV), le virus B de la grippe, l'*Herpès simplex virus* de type 1, le *virus Herpes simplex* de type 2, le *virus parainfluenza* de type 3, le *virus de la vaccine*, le virus de la stomatite vésiculaire et le *rhinovirus humain* de type 2 (MIKAILI et al., 2013).

L'ail élimine les parasites intestinaux et les larves d'insectes. Son huile essentielle a été testée en association avec le traitement du paludisme, le résultat était encourageant (GOVINDAN et al., 2016, BENMEDDOUR et al., 2015).

II-7-2-Effet antioxydant

Des études scientifiques ont montré que l'*ajoène* et les autres composés sulfurés, les flavonoïdes et les phénols sont capables de capturer les radicaux libres et d'inhiber la libération des radicaux superoxydes.

L'allicine inhibe la formation de peroxyde d'oxygène. Cette propriété permet de réduire les peroxydes lipidiques dans le cœur, le foie et les reins. Les radicaux oxygénés libres sont connus pour leur action sur le vieillissement et sur les cellules cancéreuses. Les antioxydants sont capables de neutraliser ce type de composés (ZAIDI et al., 2015).

Ces effets antioxydants ont été testés dans la conservation des viandes grasses pour éviter leur rancissement (NURWANTORO et al., 2015).

Les radicaux oxygénés libres, dont font partie les hydroxyles et superoxydes, sont connus pour leur action sur le vieillissement et la formation de cellules cancéreuses. Les antioxydants ont un effet anti-tumoral et anti-carcinogène (MIKAILI, 2013).

II-7-3- Protection cardio-vasculaire

Des études ont montré que l'ail a le potentiel de réduire la pression artérielle et qu'il a un rôle dans la souplesse des artères. Il fluidifie le sang, ce qui lui attribue des propriétés antithrombotiques (anti-coagulation), qui aident à prévenir l'agglutination des plaquettes du sang et la formation de caillots sanguins, ce qui pourrait réduire le risque de maladies cardiaques et d'accidents cardio-vasculaires (AVC), d'athérosclérose. Les composés soufrés de l'ail diminuent le cholestérol, les triglycérides et la glycémie (AGARWAL, 1996).

II-7-4- Effet sur la digestion

L'ail est reconnu comme une plante carminative, soulageant la détresse épigastrique et abdominale, les éructations, les flatulences, les coliques et la nausée.

La présence de fructanes est également notable. Le fructane est un polysaccharide particulier en nutrition humaine. En effet, ni l'homme ni *Escherichia coli*, bactérie principale du colon, ne sont capables de le cliver, étant donné qu'ils ne possèdent pas l'enzyme fructane-hydrolase. La consommation de fructane équilibrerait la flore intestinale vers davantage de bifidobactéries, qui hydrolysent le fructane dans le gros intestin et non dans l'intestin grêle, faisant de l'ail un aliment prébiotique dans le régime alimentaire (DETHIER, 2010).

II-8- Différentes utilisations de l'ail

II-8-1- Utilisation culinaire

Depuis l'aube des temps, l'ail est considéré comme l'épice de vie (OULD KADDOUR, et LOTMANI, 2009). Il apporte du goût et relève la saveur des sauces, des viandes et des plats. Il est considéré comme une épice par la classification Anglaise, car ne présentant pas de chlorophylle. Il est classé parmi les plantes aromatiques vue son odeur et son piquant, considéré comme condiment car utilisé dans les assaisonnements et les marinades et enfin on l'associe au groupe de légumes pour l'apport nutritionnel qu'il peut apporter. L'ail est vendu frais, séché, en poudre, en granules comme condiment. La gousse entière peut être cuite accompagnant les légumes. L'ail est consommé dans le monde entier mais surtout chez les asiatiques et les méditerranéens. Les Italiens apprécient beaucoup une sauce à base d'ail et d'huile d'olive, appelée « Aïoli ». L'ail accompagne parfaitement le poisson les fruits de mer, la volaille, l'agneau ...

II-8-2- Produits pharmaceutiques

L'huile essentielle d'ail est vendue sous forme de gélules en pharmacie et en parapharmacie. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère « cliniquement établi » l'usage de l'ail comme un aliment complémentaire, traitement adjuvant, aux mesures alimentaires destinées à diminuer les taux de lipides dans le sang (cholestérol et triglycérides) et admet que l'ail peut être utile lors de l'hypertension artérielle modérée.

Une commission du ministère de la santé Allemand, reconnaît l'usage de l'ail dans le traitement adjuvant des régimes destinés à diminuer les lipides du sang et dans la prévention des modifications vasculaires liées à l'âge.

L'ESCOP (la coopération européenne en phytothérapie) reconnaît l'usage d'ail dans la prévention d'athérosclérose et dans le traitement des excès de lipides dans le sang.

Le NIH (L'Institut National de la Santé Américaine) considère comme « fondé sur de bonnes évidences scientifiques » l'usage de l'ail pour « diminuer modérément les taux sanguins en cholestérol.

La recherche scientifique travaille sur les associations de l'ail et les antibiotiques pour élargir le spectre d'action de ces derniers et aussi l'association de l'ail avec les huiles essentielles des autres plantes.

II-8-3-L'ail dans l'industrie agroalimentaire

L'ail est utilisé comme antioxydant dans les huiles pour les conserver longtemps. On remplace les antibiotiques par la poudre d'ail dans l'aliment de bétail, de volaille et de poisson, pour qu'il n'y ait pas de résidus d'antibiotiques dans la viande (SALEH et *al.*, 2015). Dans le poisson fumé, la charcuterie et la viande fraîche conservée à 4°C, on met de l'ail pour éviter leur altération et leur rancissement (NURWANTORO et *al.*, 2015).

Matériel et méthodes

III - Matériel et méthodes

Objectif du travail

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de microbiologie, de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques, de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou.

Son objectif consiste d'abord, à extraire le jus d'ail frais et évaluer son effet antibactérien, par des tests préliminaires réalisés « *in-vitro* » ; ensuite, appliquer ce jus naturel d'ail à différentes doses sur la viande de dinde et suivre son effet antibactérien, durant une conservation réfrigérée de huit jours.

III - 1- Matériel biologique

III-1-1- Ail

L'ail, cette plante aromatique et médicinale ; est considérée comme une source de composés naturels, connus pour leurs vertus considérables. C'est une plante consommée par un nombre important de la population mondiale, disponible et financièrement accessible. L'*Allium sativum* L. choisi est la variété rouge locale (ASbr), acheté frais au marché des fruits et légumes de Drâa Ben Khedda.

III-1-2-Souches bactériennes utilisées

Pour cette étude, on a utilisé quatre (04) souches bactériennes. Elles ont été choisies par rapport à leur implication dans les toxi-infections alimentaires. Ces dernières, sont devenues très fréquentes et les germes responsables, développent une résistance vis-à-vis d'un certain nombre d'antibiotiques, qui ne cesse d'augmenter.

Les contaminations des aliments par ces germes, constituent non seulement un problème majeur de la santé publique, mais inquiètent aussi les industriels de l'agroalimentaire. On a sélectionné deux souches de chaque groupe de Gram :

- Gram positif : - *Staphylococcus aureus* ATCC 43 300.
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25 923.
- Gram négatif : - *Escherichia coli* ATCC 25922 .
- *Escherichia coli* (Isolat).

La souche *Escherichia coli* (Isolat) a été isolée par les ingénieurs du laboratoire pédagogique de microbiologie, à la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, lors d'un contrôle de la qualité microbiologique d'un aliment.

Les trois autres souches bactériennes de référence, nous ont été fournies par Mr. TITOUCHE Yacine, Maître assistant chargé de cours à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

III-1-3- La viande de dinde

Le choix de la matrice alimentaire est basé sur plusieurs éléments :

- C'est une viande très altérable, vue sa composition et sa teneur en eau ;
- La disponibilité de la viande de dinde sur le marché ;
- Un aliment très pauvre en graisse, il satisfait donc les consommateurs malades ou ceux qui suivent un régime alimentaire sain et diététique.
- Il faut mentionner aussi que c'est une viande accessible au consommateur algérien, si on la compare à la viande rouge ou le poisson, qui affichent des prix très élevés.

La viande de volaille utilisée dans cette étude, a été achetée chez une boucherie locale située à Drâa Ben Khedda. Elle a été rapidement transportée au laboratoire, où elle a été mise au réfrigérateur à une température de $6\pm 1^{\circ}\text{C}$, en attendant son utilisation.

III - 2 - Autre matériel et réactifs

Les milieux de culture, les réactifs et autre matériel utilisés lors de la réalisation de ce travail, sont énumérés dans la partie annexe.

III -3 -Démarche expérimentale

III -3-1-Extraction du jus d'ail

- **Extraction**

Les bulbes d'ail sont nettoyés et débarrassés de toutes leurs enveloppes. On pèse les gousses avant de les mettre dans l'extracteur de jus (Marque CLARTONIC, fabriqué en Allemagne). Une fois le jus obtenu, on le met dans des tubes à hémolyse en verre stériles, fermés hermétiquement pour éviter tout contact avec l'air et empêcher la perte des composés volatiles. On couvre les tubes avec du papier aluminium, pour mettre le jus d'ail à l'abri de la lumière ; ces tubes sont ensuite placés au congélateur, pour que le jus conserve le maximum de ses propriétés biologiques et chimiques (figure 4)



Ail frais



Epluchage



Extraction de jus



Jus d'ail brut

Figure 4 : Extraction du jus d'ail brut

- **Calcul du rendement**

Le rendement d'un extrait brut ou de jus d'une plante, est le rapport entre le poids de jus extrait et le poids du végétal traité. Le rendement est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivant :

$$R = (P_e / P_v) \times 100$$

R = rendement en jus en %.

P_e = poids du jus extrait en gramme.

P_v = poids de la biomasse végétale traitée en gramme.

III-3 -2 - Confirmation de la pureté des souches bactériennes

Les bactéries utilisées pour cette étude sont des souches de référence, elles ont été donc préalablement sélectionnées, purifiées et identifiées.

La vérification de la pureté des souches est une étape obligatoire, avant de commencer une étude. On vérifie s'il n'y a pas eu de contaminations ou de mort cellulaire pendant leur conservation. Sinon on ne peut pas leur attribuer les résultats de notre travail.

- **Etude macroscopique**

Pour tout test microbiologique, on doit revivifier nos souches bactériennes et les ensemercer dans un milieu liquide ; un bouillon nutritif ou BHIB. Après 18 à 24 heures d'incubation à 37°C, on prélève la souche du milieu liquide pour l'ensemencer en stries sur un milieu sélectif gélosé, coulé dans des boîtes de Pétri.

Les staphylocoques sont ensemençés sur le milieu gélosé Chapman, qui est de couleur rouge et le développement de ces bactéries donne de petites colonies jaunes dorées entourées d'un halo jaunâtre, qui correspond aux caractères morphologiques de *Staphylococcus aureus*.

Les *Escherichia coli* sont ensemencés sur le milieu gélosé Hektoen, de couleur verte qui donnent après incubation à 37°C pendant 24 heures, des colonies rose saumon avec le virage de la couleur du milieu au jaune autour des colonies. Ces éléments nous permettent de vérifier les caractères macroscopiques des *Escherichia coli*.

- **Etude microscopique**

Après avoir fait l'étude macroscopique des souches, on prélève des colonies de ces mêmes boîtes de Pétri pour préparer des frottis. Ces derniers vont subir la coloration de Gram (Annexe B) (DELARRAS, 2007). Après coloration, les frottis nous révèlent à l'examen microscopique au grossissement 1000, le mode d'agencement, la forme des cellules bactériennes et leur type de Gram qui dépend de la composition de leur paroi.

- **Test biochimique**

Pour *Escherichia coli* on vérifie un caractère particulier, après une culture sur le milieu schubert avec cloche incubée à 44°C pendant 24 heures.

Pour les staphylocoques on recherche la dégradation du mannitol sur le milieu Chapman. Les staphylocoques comme tous les micrococcaceae ont une catalase. Pour la mettre en évidence, on prélève une colonie qu'on dépose sur quelques gouttes d'eau oxygénée (H₂O₂). La souche est catalase positive si on a une effervescence.

Catalase

H₂O₂ + colonie dorée \longrightarrow Effervescence (catalase +)

Après la vérification de la pureté des souches, on les ensemence sur de la gélose nutritive inclinée et après incubation à 37°C pendant 24h on les conserve au réfrigérateur à + 4°C (BERNARD et al., 2012).

Tableau VI : Caractères étudiés sur les souches bactériennes utilisées

Souches bactériennes	Milieux de culture	Morphologie et Gram	Particularités
<i>E. coli.</i> <i>E. coli</i> ATCC 25922	Gélose Hektoen Colonies rose saumon	Coccobacilles Gram négatif	Culture à 44°C Indole + Lactose +
<i>S. aureus</i> ATCC 43300 <i>S. aureus</i> ATCC 25923	Gélose Chapman Petites colonies dorées	Petits cocci Sous forme de grappes de raisin	Mannitol + Catalase +

III- 3-3 - Evaluation de l'activité antibactérienne du jus d'ail « Tests *in-vitro* »

Dans cette partie du travail, on réalise un aromatoگرامme pour tester l'activité antibactérienne de l'extrait d'ail sur les bactéries choisies. Le terme aromatoگرامme dérive de l'une des disciplines de la phytothérapie qui est l'aromathérapie. Au moyen âge, l'aromathérapie était la première science de la pharmacie. Elle permet de découvrir des extraits et des huiles essentielles, sur mesure et appropriés à chaque cas infectieux particulier.

L'aromatoگرامme est appelé aussi méthode des disques ou méthode de diffusion sur gélose. Pour sa réalisation, on doit préparer des dilutions différentes et les souches à tester.

• Préparation des souches bactériennes

Les souches pures conservées à la réfrigération sur gélose nutritive inclinée, sont ensemencées dans le bouillon nutritif et incubées à 37°C, après 24 heures on les ensemence en stries sur boîtes des Pétri contenant de la gélose nutritive. Après 18 heures d'incubation à 37°C, temps nécessaire pour avoir une culture jeune en phase exponentielle de croissance, on prépare des suspensions bactériennes en prélevant 3 à 5 colonies identiques et isolées de la boîte de Pétri à l'aide d'une pipette Pasteur scellée, qu'on décharge dans 5ml d'eau physiologique stérile à 0,9 % (Annexe B).

Il faut bien homogénéiser la suspension bactérienne, sa turbidité doit être équivalente au standard 0,5 Mc Farland ou à une DO comprise entre 0,08 à 0,1 lue à 625 nm (Annexe B). La suspension préparée correspond à 10⁶ UFC/ml.

- **Préparation des dilutions du jus d'ail**

On a préparé des dilutions de l'extrait brut d'ail variant de 5% à 100%, pour évaluer son effet sur les souches bactériennes choisies à différentes concentrations. On a réalisé 4 dilutions de jus : 5 %, 25 %, 50 % et 75 % ; la cinquième concentration correspond au jus d'ail pur (100%). Les dilutions ont été obtenues en ajoutant de l'eau distillée stérile.

- **Réalisation de l'aromatogramme**

La méthode utilisée dans la réalisation de l'aromatogramme est la méthode de diffusion sur un milieu solide. Différents types d'aromatogrammes, milieu solide, liquide, sont exploitables. Cependant, en pratique quotidienne, c'est le milieu solide qui est le plus simple et le plus facilement reproductible (PIBIRI, 2005).

On prépare le milieu gélosé Mueller Hinton (20ml environ) dans chaque boîte. Dans la zone stérile, près du bec bunsen, on prend une suspension bactérienne fraîchement préparée, on prélève à l'aide d'un écouvillon de coton stérile qu'on essore en le pressant contre la paroi du tube tout en le tournant sur lui-même pour que la charge microbienne prélevée ne soit pas élevée. L'ensemencement à l'écouvillon doit se faire en stries très serrées et on doit tourner la boîte à chaque fois de 60°. A la fin, il ne faut pas oublier de faire passer l'écouvillon sur la périphérie de la gélose pour avoir un tapis bactérien homogène.

Toujours dans la zone stérile, on dépose à l'aide d'une pince stérile 6 disques stériles en cellulose de 6 mm de diamètre, sur la surface de la gélose. Un disque au centre de la boîte et les cinq autres placés autour en respectant l'intervalle séparant les disques.

On imprègne les disques avec les différentes dilutions préalablement préparées. On prélève 10µl de la dilution et on imbibe un disque avec la solution délicatement. Le disque s'humidifie progressivement et l'extrait diffuse radialement du disque vers la gélose en créant un gradient de concentration. On a 5 dilutions pour 5 disques et le sixième déposé au centre de la boîte on l'imbibe avec 10µl d'eau distillée stérile, il servira de témoin négatif.

On réalise 2 répétitions pour chaque souche bactérienne. Avant d'incuber les boîtes à 37°C pendant 24 heures, on les laisse au réfrigérateur pendant 2 heures

Pour comparer les résultats de notre aromatogramme à l'activité antibactérienne des antibiotiques synthétiques, on a réalisé en parallèle un antibiogramme qui est basé sur le même principe de la technique de diffusion sur gélose ; sauf que les disques d'antibiotiques sont prêts à l'emploi.

On a utilisé 3 antibiotiques (Erythromycine, Oxythétracycline, Trimétoprim-sulfamétozasole), qu'on a placés sur des cultures des 4 souches sélectionnées. Deux répétitions sont préparées pour chaque souche bactérienne et incubées à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Après 24 heures d'incubation, la lecture se fait par la mesure du diamètre d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'une règle (en millimètre). Les résultats sont exprimés par le diamètre des zones d'inhibition, ou par des symboles (-) ou (+) qui expriment la sensibilité ou la non sensibilité (résistance) de la souche vis-à-vis de l'extrait testé (PONCE *et al.*, 2003).

- Non sensible (-) ou résistante : diamètre < 8 mm.
- Sensible (+) : diamètre compris entre 9 et 14 mm.
- Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 et 19 mm.
- Extrêmement sensible : diamètre > 20 mm.

III -3- 4 - Détermination de la CMI et la CMB

- **Concentration minimale inhibitrice**

La concentration minimale inhibitrice (CMI) des extraits ou des huiles essentielles est souvent recherchée en agroalimentaire, pour éviter de changer les qualités organoleptiques des aliments. Les CMI dépendent des effets recherchés et des microorganismes ciblés. C'est une concentration qui diffère d'un organisme à un autre et d'une matrice alimentaire à une autre. La CMI est la concentration qui inhibe la croissance de 90% des bactéries. Dans la recherche médicale, la détermination de la CMI et de la CMB des antibiotiques est très importante pour minimiser les effets nocifs de l'antimicrobien, tout en gardant son action thérapeutique maximale.

Pour déterminer la CMI, on a choisi la méthode de culture sur milieu liquide. On a pris en considération les résultats de l'aromatogramme dans le choix des concentrations. On a choisi : 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %.

On prépare une culture de chaque souche dans des flacons de 50 ml de bouillon nutritif. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, on prélève 5µl de la culture bactérienne et on ensemence 6 tubes contenant 5 ml de bouillon nutritif. Pour chaque série on a 2 répétitions.

On ajoute 50 µl de jus de chaque dilution dans 5 tubes de bouillon nutritif ayant déjà reçu 5µl de culture bactérienne. Pour les témoins, on met la même quantité de la culture bactérienne (5 µl) dans des tubes de bouillon nutritif mais sans jus d'ail. On incube pendant 24 heures à 37°C.

La lecture se fait 24 heures après incubation à 37°C. On doit déterminer le tube ne présentant pas de trouble, c'est-à-dire le tube où il n'y a pas eu de croissance microbienne (à l'œil nu). En parallèle, on a préparé des tubes contrôles négatifs c'est-à-dire des tubes de bouillon nutritif avec 50µl de jus pour les comparer aux tubes incubés contenant la même concentration de jus d'ail.

La CMI est celle qui correspond au premier tube dans lequel on a observé une inhibition de la croissance bactérienne, c'est-à-dire le premier tube ne présentant pas de trouble (BAKRI et DOUGLAS, 2005). C'est la concentration qui inhibe 90% de l'inoculum.

- **Concentration minimale bactéricide**

La concentration minimale bactéricide (CMB) est définie comme la plus faible concentration de l'agent antibactérien détruisant 99.99% de l'inoculum.

Une fois la CMI déterminée, on ensemence tous les tubes ne présentant pas de trouble dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive et incubent à 37 °C pendant 24 heures. La CMB est représentée par la concentration du premier tube correspondant à la boîte où il y a absence de colonies.

III -3-5- Application du jus d'ail sur la viande de dinde « Tests *in-situ* »

- **Préparation de la viande**

La viande de volaille est transportée du boucher au laboratoire dans un sac isotherme, pour ne pas rompre la chaîne du froid ; une fois au laboratoire, elle a été mise dans le réfrigérateur à une température de $6\pm 1^{\circ}\text{C}$.

La viande a été coupée aseptiquement en 3 lots pour minimiser les erreurs expérimentales. Chaque lot est broyé, pesé et divisé en 13 portions de 50g chacune. Les échantillons de deux lots sont traités avec 1ml et 2ml de jus d'ail/ 100g de viande de dinde et le troisième lot de viande correspond au témoin (tableau VII).

Tableau VII : Préparation des échantillons d'un lot de viande

Volume de jus d'ail / 100g de viande	0 ml (Témoins)	1 ml	2 ml
Jour ₀	Viande non traitée	-	-
Jour ₂	Viande non traitée	Viande traitée	Viande traitée
Jour ₄	Viande non traitée	Viande traitée	Viande traitée
Jour ₆	Viande non traitée	Viande traitée	Viande traitée
Jour ₈	Viande non traitée	Viande traitée	Viande traitée

Les échantillons de viande des trois lots, sont répartis dans des boites de Pétri en verre stériles de 15 cm de diamètre puis, elles sont placées au réfrigérateur à $6\pm 1^{\circ}\text{C}$ (figure 5).



Figure 5 : Préparation de la viande de dinde dans les boites de Pétri

- **Analyses microbiologiques**

La viande est conservée pendant 8 jours au réfrigérateur. Des prélèvements sont effectués un jour sur deux, tout au long de la période de conservation, pour effectuer l'analyse microbiologique.

Une analyse de la viande fraîche au premier jour est également effectuée J_0 , cette dernière est très importante, car elle détermine la charge microbienne initiale avant le traitement et avant le stockage au réfrigérateur, ce qui nous permet de comparer et de suivre l'évolution de la croissance microbienne dans les trois lots de viande pendant toute la durée de conservation.

- **Ensemencements**

Dans notre travail, on s'est intéressé au dénombrement de la flore totale aérobie psychrophe.

Les ensemencements sont réalisés tous les deux jours : jour J_0 , jour J_2 , jour J_4 , jour J_6 et jour J_8 .

On dilue 25g de chaque échantillon, dans 225 ml de solution triptone-sel-eau (TSE) ainsi, on obtient une dilution décimale de 10^{-1} qui correspond à la suspension mère.

On homogénéise la solution pour préparer une série de dilutions décimales allant de 10^{-2} à 10^{-6} .

On prélève 1ml de la suspension mère, qu'on transfère dans un tube contenant 9 ml de TSE ainsi, on obtient une dilution 10^{-2} et de celle-ci, on prélève 1 ml pour réaliser les dilutions suivantes.

Deux boîtes de Pétri sont ensemencées pour chaque dilution. 1ml de la dilution est prélevé et mis dans une boîte de Pétri puis, on ajoute de la gélose PCA liquéfiée.

On homogénéise le tout avant la solidification de la gélose.

Les boîtes ensemencées sont incubées à $6\pm 1^\circ\text{C}$, pendant 10 jours.

- **Dénombrement**

Après 10 jours d'incubation à $6\pm 1^\circ\text{C}$, on fait le dénombrement. Ce dernier s'effectue uniquement pour les boîtes contenant 30 à 300 colonies. Le résultat du dénombrement est calculé selon la formule suivante :

$$N=A \times D$$

Où,

N : représente le nombre de colonies par g du produit, exprimé en UFC/g ;

A : est le dénombrement moyen ;

D : c'est le facteur de dilution.

Après les dénombrements, on peut déterminer pour chaque dose de jus d'ail son pourcentage d'inhibition (% d'inhibition) qui est calculé comme suit :

$$(\%) \text{ d'inhibition} = \frac{\text{Log}_{10} \text{ UFC (viande non traitée)} - \text{Log}_{10} \text{ UFC (viande traitée)}}{\text{Log}_{10} \text{ UFC (viande non traitée)}} \times 100$$

III - 4 - Test de dégustation préliminaire

Pour chaque échantillon on a fait un test de dégustation préliminaire, afin d'estimer le degré d'acceptabilité de la viande, par un panel de dégustation non entraîné composé de six personnes, entre enseignants et étudiants.

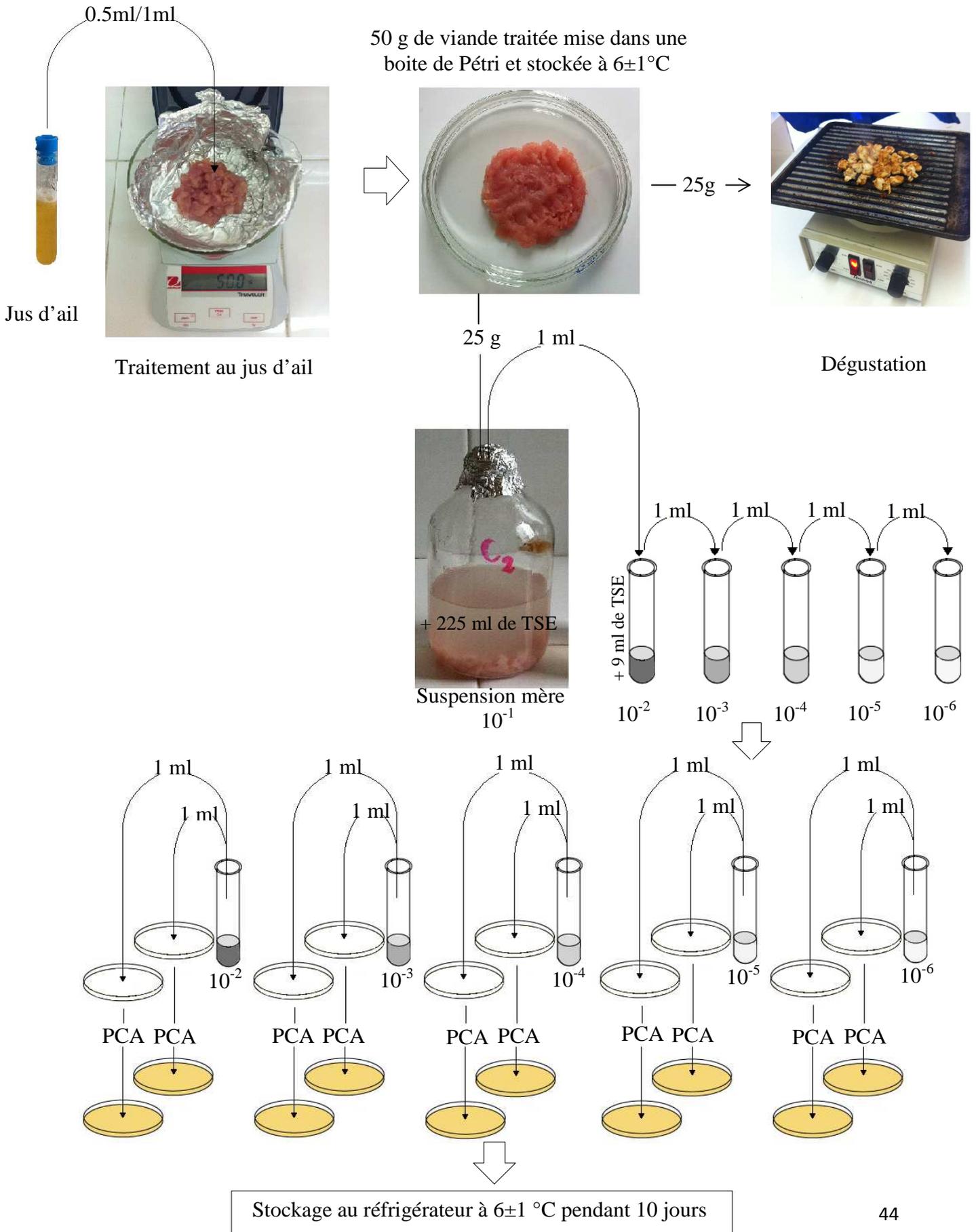
Les tests sont basés sur l'estimation de la couleur, l'odeur et la texture pour la viande crue et sur le goût pour la viande cuite. Chaque dégustateur recevra deux échantillons de viande traités au jus d'ail et un échantillon témoin.

Les résultats de ces tests ne sont pas représentés dans ce document, car ils sont réalisés juste à titre préliminaire, pour avoir une idée sur l'aspect de la viande traité et sont acceptabilité par le consommateur.

III - 5 - Etude statistique

L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour déterminer les différences significatives entre les échantillons traités avec différentes doses d'extrait d'ail aux différents jours de stockage (logiciel Stat box version 6.0.). Les valeurs de $p < 0,05$ sont considérées significativement différentes.

Figure 6: Analyse microbiologique de la viande de dinde traitée au jus d'ail (1 ml et 2ml/100 g de viande)



Résultats et discussion

IV – Résultats et discussion

IV- 1 - Rendement de l'extraction

Le jus d'ail utilisé dans cette étude a été obtenu à froid avec un extracteur de jus de cuisine. C'est un produit naturel, pur et sans résidus de solvants ; comme c'est le cas dans plusieurs techniques d'extraction conventionnelles.

Le rendement de l'extraction du jus d'ail est satisfaisant, il est de 56,85% pas loin du rendement obtenu par BAKRI et DOUGLAS (2005) et BELGUITH et *al.* (2010), qui est de 57,1%.

Le rendement de l'extrait aqueux est nettement supérieur au rendement de l'huile essentielle qui est de 1% (BENMEDDOUR et *al.*, 2015).

Financièrement, c'est une extraction qui ne demande pas beaucoup d'énergie et de produits chimiques ou organiques. Le rendement en huiles essentielles varie beaucoup avec la plante utilisée, le matériel employé pour l'extraction et l'origine de la plante. Ainsi cette différence en rendement peut être due à deux facteurs : la région et la période de collecte. Le climat (rythme des pluies, écart de température, nature des vents) est un facteur déterminant en tout ce qui concerne la végétation (AISSANI, 2015).

L'ail utilisé est frais, il a été récolté deux semaines auparavant, donc très riche en eau ; ce qui justifie le rendement en jus enregistré ; de plus, la technique d'extraction employée est très simple et financièrement intéressante, elle ne demande pas beaucoup d'énergie et ne nécessite l'utilisation d'aucun produit chimique ou organique.

IV-2- Confirmation de la pureté des souches testées

IV-2-1- *Staphylococcus aureus*

Après la coloration de Gram et l'observation microscopique, on a pu vérifier que les deux souches de staphylocoques correspondent bien à des Gram positif en forme de cocci, avec leur agencement particulier en grappes de raisin.

Pour l'aspect macroscopique, la culture sur le milieu Chapman donne de petites colonies dorées, d'où le nom de staphylocoque doré pour le *Staphylococcus aureus*.

Concernant le caractère biochimique, on observe une auréole jaunâtre autour des colonies, ce qui explique que le mannitol a été dégradé et a provoqué l'acidification du milieu de culture, induisant le virage vers le jaune de la couleur de la gélose Chapman qui était initialement rouge.

IV-2- 2-Escherichia coli

La coloration de Gram confirme que les souches *Escherichia coli* sont des Gram négatif et de forme de coccobacilles.

L'ensemencement sur le milieu Hektoen donne des colonies rose-saumon, toutes identiques avec le virage du milieu en jaune. Pour ne pas confondre nos souches avec les autres souches d'Entérobactéries, on fait un ensemencement sur le milieu Schubert. Après incubation à 44°C pendant 24 heures, on ajoute quelques gouttes du réactif de Kovacs, qui met en évidence la présence d'indole par la formation d'un anneau rose-pourpre à la surface du milieu. Nos souches sont indologènes donc ce sont des *Escherichia coli* pures.

IV-3- Evaluation de l'activité antibactérienne du jus d'ail « test *in-vitro* »

L'objet de ce test préliminaire, est de vérifier et d'évaluer les propriétés antibactériennes de l'extrait brut d'ail sur les souches suivantes : *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Escherichia coli*.

Un aromatoگرامme a été réalisé pour tester la sensibilité de ces souches, par rapport à une série de concentrations différentes de jus d'ail. Les concentrations de 5 à 75% ont été préparées avec de l'eau distillée stérile.

Les disques sont numérotés de 1 à 6 et imbibés suivant les dilutions qui leur correspondent : **1** : (5%), **2** : (25%), **3** : (50%), **4** : (75%), **5** : (100%) et **6** : (Eau distillée stérile).

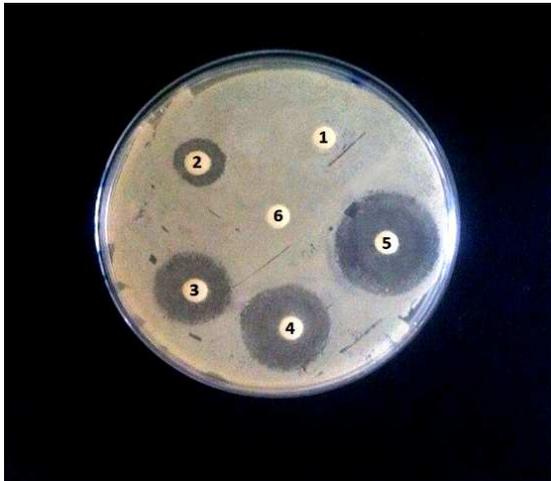
Après incubation à 37°C pendant 24 heures, on a obtenu des zones d'inhibition à partir de la concentration de 25%. Toutes les souches bactériennes ont exprimé une sensibilité vis-à-vis de l'extrait aqueux d'ail.

La figure 5 illustre des photos de boîtes de l'aromatoگرامme. Les résultats enregistrés ont mis en évidence l'effet inhibiteur du jus sur la totalité des souches testées. On distingue bien les zones d'inhibition qui marquent la sensibilité de chacune d'elle.

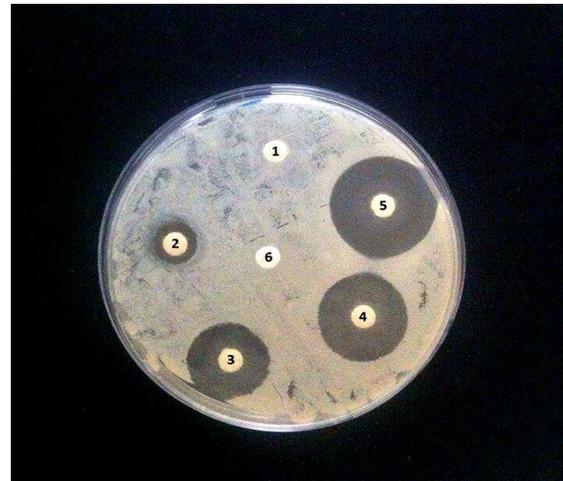
Les résultats de l'aromatoگرامme (Tableau IIX) montrent que la concentration 5% n'a aucune activité sur les quatre souches testées. Les diamètres des zones d'inhibition augmentent avec les concentrations de l'extrait d'ail. Donc la concentration de l'extrait joue un rôle important dans l'activité de ce dernier par rapport aux bactéries.

Dans la littérature scientifique, on considère que les bactéries Gram positif sont plus sensibles que les bactéries à coloration de Gram négative, vis-à-vis des extraits ou des huiles essentielles de plantes. Les deux souches d'*Escherichia coli* (Gram négatif), affichent des zones d'inhibition moins importantes que celles observées chez les *Staphylococcus aureus* (Gram positif).

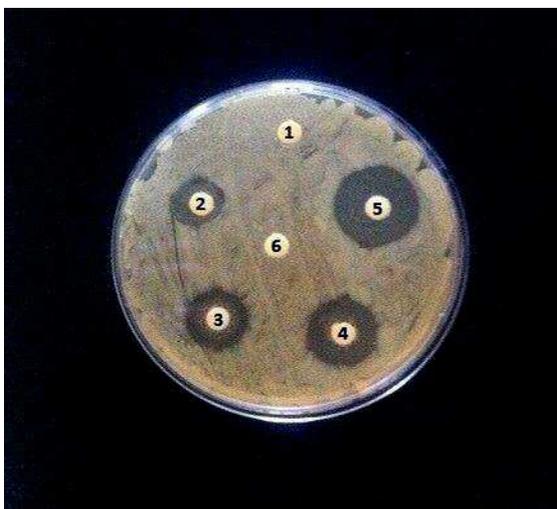
Cette différence de comportement des souches bactériennes par rapport à l'extrait d'ail est liée à la composition de leur paroi (CHAO, 2000).



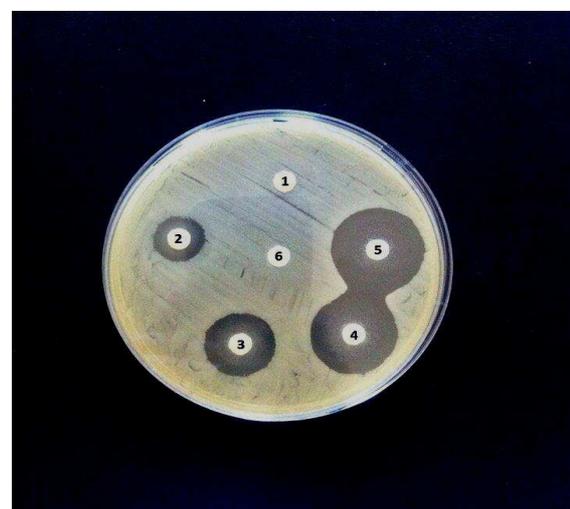
Staphylococcus aureus ATCC 43300



Staphylococcus aureus ATCC 25923



Escherichia coli ATCC 25922



Escherichia coli

Figure 7 : Zones d'inhibition de l'aromatogramme

Les chiffres correspondent à la concentration de l'extrait brut de l'ail dans chaque disque
1 : (5%), 2 : (25%), 3 : (50%), 4 : (75%), 5 : (100%) et 6 : (Eau distillée stérile)

**Tableau VIII : Diamètres des zones d'inhibition de l'aromatogramme
(moyenne ± écart type) en (mm)**

Dilutions de l'extrait brut d'ail	<i>Staphylococcus aureus</i> 43300	<i>Staphylococcus aureus</i> 25923	<i>Escherichia coli</i> 25922	<i>Escherichia coli</i>
5%	0±0,0	0±0,0	0±0,0	0±0,0
25%	*12,0± 0,5	11,5± 0,5	12,0 ± 0,0	12,5± 0,5
50%	18,0 ± 0,0	19,0±1,0	16,0 ± 0,0	17,50 ±0,5
75%	20,5± 0,5	22,5± 0,5	18,0 ±0,0	22,5 ± 0,5
Pur	25,75 ± 0,25	26,5 ± 0,5	21,0 ± 0,0	23,7± 0,3

(*) : Le diamètre du disque est inclus dans le diamètre des zones d'inhibition.

L'action de l'huile essentielle de romarin sur les deux souches de *S. aureus* et *E. coli* a montré que cet extrait est plus actif sur *Escherichia coli* (BOUSBIA, 2011). On déduit que les réactions de sensibilité ou de résistance dépendent aussi de la structure de la paroi bactérienne et de la composition de l'extrait lui-même.

La nature chimique des principes actifs des extraits et des huiles essentielles, montrent une certaine affinité vis à vis des molécules constituant la paroi bactérienne. CHAO et al. (2000), ont expliqué que les bactéries à Gram négatif sont dotées d'une couche de peptidoglycane, prise entre la membrane plasmique et une assise externe constituée de lipopolysaccharides et de protéines. Cette structure peut empêcher la pénétration d'huiles ou d'extraits à travers la paroi pour protéger la couche de peptidoglycane de la dénaturation et empêcher la multiplication bactérienne.

La paroi des bactéries Gram négatif riche en lipopolysaccharides, constitue une barrière imperméable aux substances hydrophobes susceptibles d'entrer dans le cytoplasme et bloquer la multiplication cellulaire.

Les huiles essentielles et les extraits de plantes possèdent plusieurs modes d'action sur différentes souches de bactéries, mais d'une manière générale leur action se déroule en trois phases (CAILLET et LACROIX, 2007) :

- Attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle ou l'extrait, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires ;
- Acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure ;

- Destruction du matériel génétique, conduisant à la mort cellulaire.

Des études ont confirmé que la majorité des huiles essentielles attaquent en même temps la paroi et la membrane cellulaire puis, la cellule se vide de ses constituants et meurt (ZHIRI, 2006).

Les principes actifs de l'ail sont très nombreux, on a l'allicine qui donne l'ajoène, l'allyl méthyl trisulfure, Diallyl-dissulfure, Diallyl sulfure, Diallyl trisulfure, Diallyl tétrasulfure en plus des acides phénoliques et les flavonoïdes.

L'effet de l'allicine sur les enzymes à thiol et son pouvoir à traverser la paroi bactérienne, semble être la base de son activité biologique (MEDDEB, 2008).

L'ail est très riche en Diallyl disulfure (60%) et en Diallyl trisulfure 20% (ARNAL, 2012). D'après CASELLA et son équipe (2013), ces composés organosoufrés, confèrent à l'ail une activité antimicrobienne et antioxydante ; mais les travaux d'AVATO et *al.* (2000), avaient déterminés après avoir utilisé des concentrations différentes de Diallyl disulfure et Diallyl trisulfure, que la molécule responsable du pouvoir antimicrobien était le Diallyl disulfure.

Les phénols agissent sur trois sites : la paroi, la membrane plasmique et le cytoplasme ; où on remarque l'altération de la structure des mitochondries. Leur effet dépend de leur concentration. A petites doses, l'effet antimicrobien est réversible, ce qu'on appelle pouvoir bactériostatique (RHAYOUR, 2002 ; AMARTI et *al.*, 2010).

La lecture se fait en mesurant le diamètre des zones d'inhibition exprimé en millimètre, qui se présente sous forme d'halos ou d'auréoles, autour des disques imbibés de jus d'ail à des concentrations différentes.

Après avoir mesuré les diamètres des zones d'inhibition, on détermine le degré de sensibilité des souches par rapport aux différentes concentrations du jus d'ail. Ce diamètre diffère d'une souche à l'autre et selon la concentration; cela veut dire que la sensibilité ou la résistance dépendent de la souche bactérienne elle même et de la concentration de l'extrait actif. Selon PONCE (2003), les bactéries sont réparties comme suit :

✓ Pour la dilution 5% aucune zone d'inhibition n'a été observée, donc pour cette concentration toutes les bactéries sont résistantes.

✓ Pour la dilution de 25% toutes les zones d'inhibition sont comprises entre 9 et 14 mm ; par conséquent, les quatre souches bactériennes sont sensibles à cette concentration de jus d'ail.

✓ On remarque que pour la dilution 50%, que l'ensemble des souches sont très sensibles car les diamètres des halos dépassent 15 mm.

✓ A partir de la dilution 75%, toutes les souches sont extrêmement sensibles, sauf la souche d'*Escherichia coli* ATCC 25922 qui est très sensible, car son diamètre d'inhibition à cette concentration en jus d'ail, est de 18 mm.

✓ Toutes les souches sont extrêmement sensibles pour le jus d'ail pur.

L'ensemble de ces résultats est représenté par la figure 8.

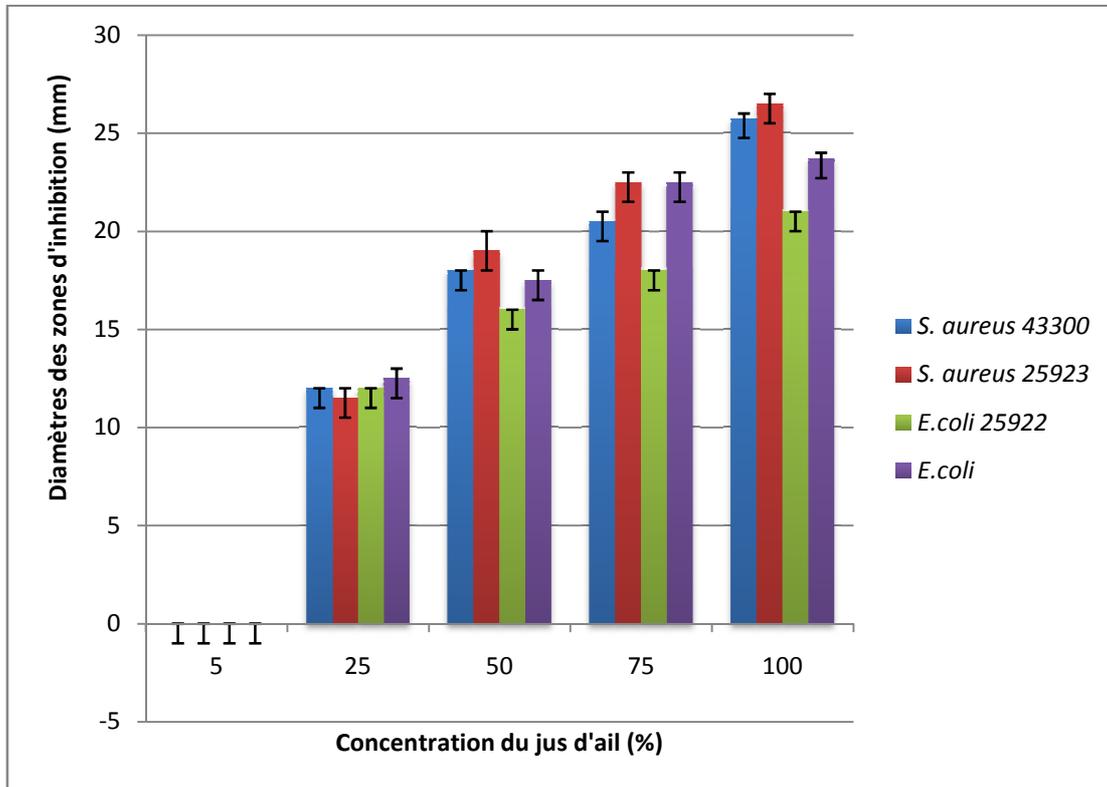


Figure 8 : Représentation graphique des diamètres des zones d'inhibitions des différentes concentrations du jus d'ail sur les souches bactériennes testées

En vue de compléter l'interprétation de nos résultats, on a également testé la sensibilité de nos bactéries vis-à-vis de 3 antibiotiques synthétiques, choisis par rapport à leurs larges spectres d'action.

L'Erythromycine est un antibiotique de la famille des β -lactamines, dont les staphylocoques méthicillino-résistants (ou SARM) sont insensibles.

Les résultats observés sont donnés dans le Tableau VII.

Tableau IX : Diamètres des zones d'inhibition de l'antibiogramme en (mm)

Antibiotiques	<i>Staphylococcus aureus</i> 43300	<i>Staphylococcus aureus</i> 25923	<i>Escherichia coli</i> 25922	<i>Escherichia Coli</i>
Erythromycine E (15µg)	0±0,0	28 ± 0,0	21±0,0	11 ±0,0
Triméthoprim-Sulfaméthoxazole SXT (25µg)	* 22 ± 0,0	21 ± 0,0	22 ± 0,0	21,5 ±0,5
Oxytétracycline O (30µg)	28 ± 0,0	26 ± 0,0	25,5± 0,5	22,5 ± 0,5

(*) : Le diamètre du disque est inclus dans le diamètre des zones d'inhibition.

En comparant les valeurs (diamètres des zones d'inhibition) des tableaux VI et VII, on remarque qu'à partir de la concentration de 75%, l'ail manifeste une activité antimicrobienne vis-à-vis des souches testées, similaire à celle des antibiotiques synthétiques sélectionnés.

La souche *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, qui est une bactérie résistante à la méthicilline (SARM), n'est pas sensible à l'Erythromycine car cette dernière appartient aussi à la famille des β -lactames (BONNET, 2015); mais extrêmement sensible à l'Oxytétracycline. Pour le jus d'ail, la souche SARM est extrêmement sensible à partir de la concentration 75%. Ce résultat est très encourageant, car il représente une excellente alternative vis-à-vis de ces bactéries résistantes aux antibiotiques.

On a mis en évidence le pouvoir antibactérien du jus d'ail ; et pour savoir s'il a un pouvoir bactériostatique ou bactéricide on doit déterminer la concentration minimale inhibitrice et la concentration minimale bactéricide.

IV-4- Concentration minimale inhibitrice et concentration minimale bactéricide

IV-4-1. Concentration minimale inhibitrice (CMI)

Après incubation à 37°C pendant 24h, on compare les tubes des cultures bactériennes avec les tubes témoins. La présence de trouble indique une prolifération microbienne.

Les tubes ne présentant pas de trouble, correspondent aux concentrations suivantes : 10%, 15%, 20% et 25% pour *Staphylocoque aureus* ATCC 43300, *Staphylocoque aureus* ATCC 25923 et la souche *Escherichia coli*.

Pour *Escherichia coli* ATCC 25922 les tubes ne présentant pas de trouble sont ceux qui correspondent aux concentrations de 15%, 20% et 25%.

La CMI pour les souches de Staphylocoques et l'*Escherichia coli* est la concentration 10% qui correspond à 170µg/ml d'eau distillée stérile.

La CMI qui correspond à la souche d'*Escherichia coli* ATCC 25922 est la concentration 15%, elle est donc de 255µg/ml d'eau distillée.

IV-4-2. Concentration minimale bactéricide

Pour déterminer la CMB, on doit prendre en considération les concentrations minimales inhibitrices des souches testées.

On ensemence sur gélose nutritive avec une pipette Pasteur scellée tous les tubes ne présentant pas de trouble. On ensemence deux boîtes pour chaque concentration.

Pour les souches présentant une CMI de 170µg, on ensemence toutes les concentrations à partir de celle correspondant à la CMI : 10%, 15%, 20% et 25%.

La CMI d'*Escherichia coli* ATCC 25922 est de 15% qui est égale à 0,255 mg/ml d'eau distillée. La CMB sera déterminée en ensemencant les concentrations suivantes : 15%, 20% et 25%.

Après incubation des boîtes de Pétri à 37°C pendant 24 heures, on doit déterminer les concentrations minimales bactéricides qui correspondent aux les boîtes où il n'y a pas eu de croissance bactérienne.

La CMB déterminée pour *Staphylocoque aureus* ATCC 25923 est de 10% (0,170mg/ml) ; par contre, pour les trois autres souches bactériennes testées elle est de 15%, ce qui correspond à 0,255mg/ml.

Toutes les CMB sont supérieures à la CMI, sauf pour la souche d'*Escherichia coli* ATCC 25922, sa CMB est égale à la CMI.

Si on comparait les CMI de cette étude, avec les valeurs de CMI obtenues par BAKRI (2005), BELGUITH (2010), MOGHADDEM et al. (2014) et O'GARA et al. (2000) qui ont tous travaillé sur les effets antimicrobiens du jus d'ail, on va constater qu'elles sont nettement inférieure. En effet, BAKRI (2005) a donné un intervalle de valeurs (35,7 – 1,1mg/ml) ; par contre, BELGUITH (2010), a obtenu des CMI entre 13 et 15mg/ml d'ail.

Ces variations ont sûrement un lien avec le taux d'allicine, car pour le même rendement d'extraction du jus d'ail qui est de 57,1% ; BAKRI (2005) et BELGUITH (2010), ont obtenu respectivement 0,220 et 0,324mg d'allicine.

Etant donné que l'allicine est la molécule principale qui confère à l'ail son effet inhibiteur, les résultats le confirment avec les valeurs des CMI obtenues, qui sont de l'ordre de 0,170 et

0,255 µl/ml, elles sont inférieures à celles obtenues par les auteurs cités plus haut. On suppose que l'extrait aqueux de l'ail a été récupéré à la bonne période (fin avril) ou bien que, le cultivar était riche en composés organosoufrés et en particulier l'allicine.

Dans l'étude de l'effet inhibiteur de l'ail, il est important de déterminer son action bactériostatique ou bactéricide.

EL AMRI et son équipe (2014), ont utilisé un rapport pour déterminer l'effet bactéricide ou bactériostatique des extraits et des huiles essentielles de plantes :

Si le rapport $CMB/CMI = 1$ à 2 l'effet est bactéricide ;

Si le rapport $CMB/CMI = 4$ à 6 l'effet est bactériostatique.

Dans le cas de notre travail ce rapport est compris entre 1 et 1,5 on peut conclure que l'ail utilisé a un effet bactéricide.

IV-5- Application de jus d'ail sur la viande de dinde « test in-situ »

L'étude « in vitro » a évalué l'activité de l'ail sur la croissance des souches de staphylocoque et d'*Escherichia coli*. Ce sont deux bactéries souvent rencontrées dans les cas de toxi-infections alimentaires.

On a choisi la viande de dinde car c'est un aliment qui s'altère rapidement vu sa tendreté et sa richesse en eau, en protéines et en sels minéraux. Ces critères présentent la viande comme un milieu de culture riche et accessible aux microorganismes.

Pour empêcher cette altération ou la prolifération des microorganismes sur cette viande, des études continues se font dans ce sens. Les viandes fraîches ont toujours été entreposées à une température avoisinante de 4°C mais ce moyen de conservation est insuffisant car son action est limitée à une durée de temps jugée insuffisante de point de vue économique et par rapport à la disponibilité de l'aliment.

On a utilisé le jus d'ail pour tester son efficacité sur une matrice alimentaire qui est la viande de dinde et voir si ce condiment peut compléter l'effet de la température de réfrigération pour prolonger le temps d'entreposage ou la durée de vie de cette viande.

Avant de traiter la viande à l'extrait aqueux d'ail, on a fait un test de dégustation avec plusieurs concentrations : 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 et 3ml de jus par 100g de viande. Les dégustateurs ne sont pas des personnes qualifiées ou formées dans ce sens mais ils ont été choisis comme des éventuels consommateurs. Les concentrations choisies sont 1 et 2ml/100g de viande.

Après le dénombrement on calcule le pourcentage d'inhibition de la croissance microbienne par le jus d'ail et l'évolution de son effet pendant huit jours à $6 \pm 1^\circ\text{C}$.

Les pourcentages d'inhibition sont représentés par la figure 9

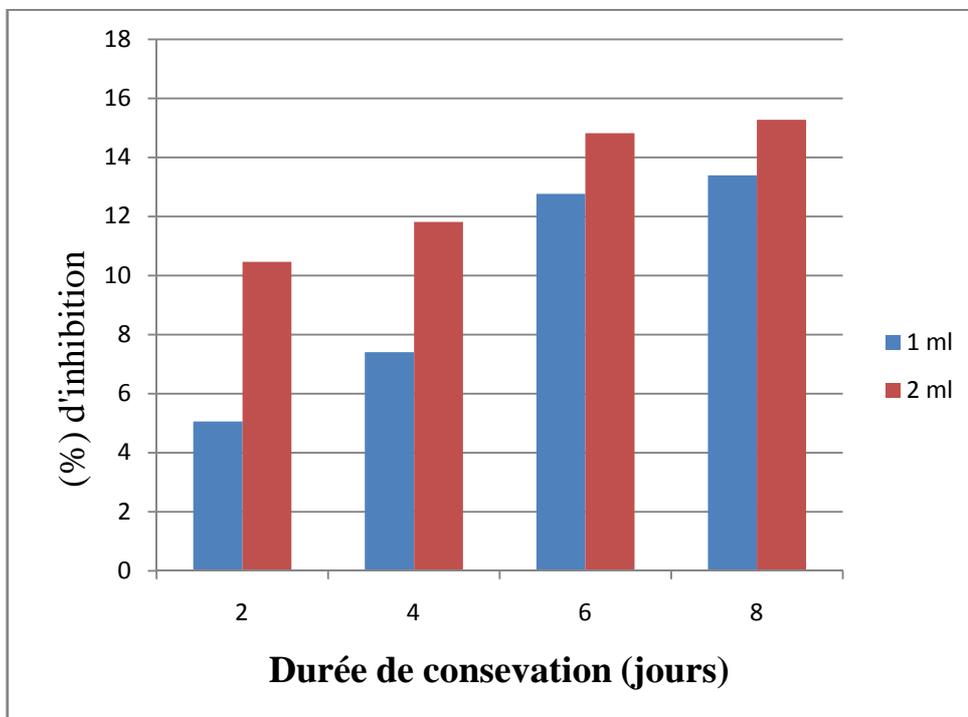


Figure 9: Représentation graphique du pourcentage d'inhibition de la FPAT de la viande de dinde traitée au jus d'ail

L'histogramme (figure 9) nous décrit l'évolution de l'effet du jus d'ail sur l'inhibition de la croissance FPAT. On voit bien que l'inhibition était plus importante au début de l'entreposage et que le pourcentage d'inhibition obtenu avec la dose de 2 ml dépassait environ de 50% le pourcentage d'inhibition de la dose de 1ml. On constate que vers le sixième jour la différence des pourcentages d'inhibition diminue. L'effet inhibiteur diminue quand la concentration en

principes actifs diminue (RHAYOUR, 2002) et que la nature de la matrice utilisée peut diminuer leur effet (BURT, 2004).

Les résultats des dénombrements de la flore psychrotrophe aérobie totale (FPAT) nous ont permis de tracer 3 courbes correspondant aux échantillons ensemencés : viande non traitée ou témoin et viande traitée avec deux doses de jus d'ail : 1ml et 2ml.

La figure 10 représente l'évolution de la croissance de la FPAT pendant tout le temps de réfrigération (08 jours).

La charge bactérienne initiale de la viande est de $4,32 \text{Log}_{10} \text{UFC/g}$, sa qualité microbiologique est dans la norme qui exige une FPAT < 500 germes/g de viande. Pour le jour J₄, la charge microbienne a augmenté jusqu'à 6 Log pour la dose de 2ml mais elle a augmenté un peu plus pour la dose de 1 ml et beaucoup plus pour le contrôle. Les courbes suivent la même allure, elles suivent la courbe de croissance bactérienne.

Pour les viandes traitées, elles sont encore bonnes à la consommation jusqu'au jour où la charge microbienne est aux alentours de $5 \text{log}_{10} \text{UFC/g}$ de viande qui est une charge tolérée pour la consommation.

La viande non traitée atteint $7 \text{log}_{10} \text{UFC/g}$ vers le quatrième jour de conservation. C'est une viande qui est avariée alors que les viandes traitées n'atteignent ce seuil d'altération qu'à partir du sixième jour.

Les résultats montrent bien que le jus d'ail ralenti la croissance microbienne. On observe des différences très hautement significatives entre les trois viandes ($p < 0,001$) car même entre les courbes des viandes traitées, il y a une différence qui est exprimée par les courbes des doses 1 et 2ml (figure 10).

On peut dire que l'ail a augmenté la durée de vie de la viande de dinde de trois jours donc le jus d'ail peut compléter le traitement de réfrigération usuel.

Le souhait de tout consommateur et industriel est de conserver les aliments pendant longtemps et de les préserver des contaminations et des altérations microbiennes et oxydatives sans avoir recours à des conservateurs artificiels qui sont toxiques et dangereux.

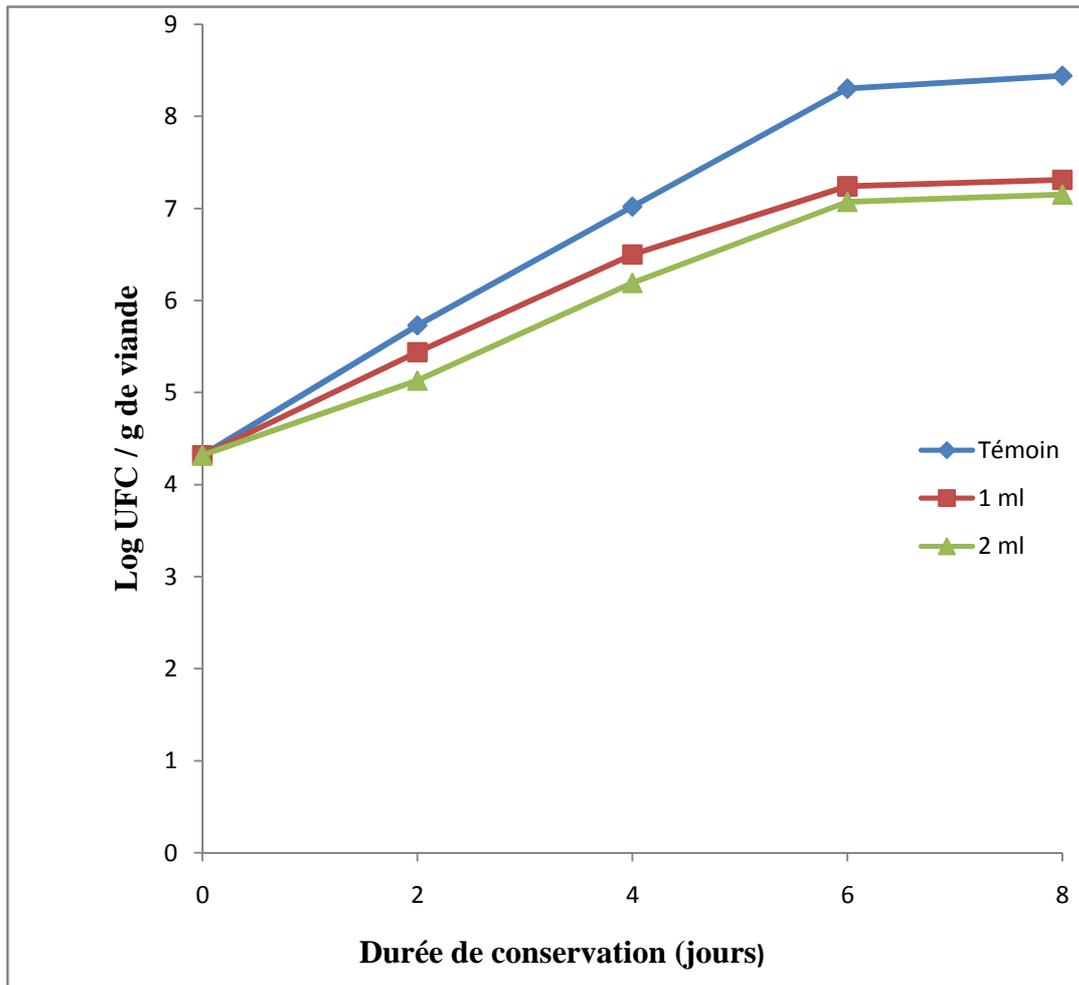


Figure 10: Evolution de la croissance de la FPAT de la viande de dinde traitée et non traitée avec du jus d’ail pendant 8 jours.

Ces deux dernières décennies plusieurs travaux cherchent des agents naturels pour la conservation des aliments. Ces molécules antimicrobiennes et antioxydantes sont extraites des plantes aromatiques, des épices, des fruits, des écorces... On y extrait des huiles essentielles et des extraits aqueux qu’on appelle aussi l’eau métabolique.

La conservation des aliments avec les produits naturels était utilisée depuis l’antiquité. On conservait les viandes dans de l’huile et les épices pour empêcher son oxydation et son altération (DJENANE et *al.*, 2009).

Les extraits ou les huiles essentielles sont testés sur plusieurs matrices alimentaires. En général, il y a eu des résultats très encourageant sur les viandes, le lait et ses dérivés, le jus, les huiles, les ovoproduits ...etc.

Les tests *in vitro* de ces huiles essentielles donnent souvent des résultats satisfaisant mais son application sur la matrice alimentaire demande des concentrations supérieures pour assurer leur effet antimicrobien. Les produits carnés riches en graisse diminuent l'effet antioxydant et antimicrobien car les molécules lipidiques isolent ou fixent les molécules d'huiles essentielles (BURT, 2004). La composition chimique des aliments et la concentration des huiles essentielles jouent un rôle très important dans l'activité antibactérienne (OUSSALAH *et al.*, 2007).

Les huiles essentielles possèdent des propriétés antioxydantes, et antiradicalaires qui améliorent la durée de vie de l'aliment et intéressent aussi le consommateur pour leurs valeurs nutraceutiques et les bienfaits sur la santé. Ainsi, l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit, yaourts...) ou l'application par vaporisation en surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à contrôler la flore microbienne et à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation. Par exemple, des études ont montré que l'incorporation d'huile essentielle dans du boeuf haché a contribué au maintien de la qualité microbiologique et à la réduction de l'oxydation des gras au delà de sa durée normale d'entreposage. On a démontré que l'utilisation des huiles essentielles pouvait augmenter la sensibilité des bactéries à différents procédés de conservation des aliments (chauffage, pasteurisation, atmosphère modifiée). Selon la bactérie et le procédé utilisé, la sensibilisation augmente de 2 à 10 fois. Par exemple, l'huile essentielle mélangée à des carottes hachées, emballées sous air ou sous atmosphère modifiée (MAP) permet de multiplier par trois la sensibilité de *Listeria*, de même que pour de la viande hachée emballée sous les mêmes conditions, une augmentation très significative de la sensibilité de *Escherichia coli* (2.5 fois) et de *Salmonella* (4.5 fois) est constatée en présence d'huile essentielle. Aussi, l'huile essentielle combinée à un chauffage doux (55°C pendant 1minute) a permis d'inhiber totalement *Salmonella* alors qu'en absence d'huile, un chauffage de plus d'une heure était nécessaire pour arriver au même résultat. Enfin, pour renforcer leur efficacité, on a stabilisé les huiles essentielles dans des polymères comestibles (biofilm, enrobage, capsule, émulsion), qui permettent leur diffusion vers l'aliment tout au long de son entreposage. L'application de bio-films contenant des huiles essentielles sur des tranches de viande contaminée, a permis de

réduire très significativement la croissance de bactéries pathogènes au delà d'une semaine d'entreposage (CAILLET et LACROIX, 2007).

La viande étant un produit facilement périssable intéresse beaucoup de scientifique. DJENANE et al. (2012) ont testé l'extrait brut des feuilles d'olivier sur la viande de dinde fraîche, il a obtenu des résultats prometteurs pour l'industrie de la viande de dinde fraîche car la durée de vie de cette denrée alimentaire a été prolongé de quelques jours. L'extrait brut des feuilles d'olivier n'a pas changé les qualités sensorielles de la viande.

Le thym, une plante connue en Algérie et utilisée dans le domaine culinaire. Les résultats obtenus après l'application de son huile essentielle sur des souches pathogènes : *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylocoque aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Candida albicans* ATCC 2071 étaient remarquables (YAKHLEF et al., 2011). OUSSALAH et al.,(2007) ont emballé des morceaux de viande rouge aspergés de suspension bactérienne (*Pseudomonas spp* ou *Escherichia coli* O157 : H7) avec des films bioactifs de thym ou de pimento. L'huile essentielle du thym s'est avérée active et efficace. L'huile essentielle du *Citrus aurantium* active sur *Staphylococcus aureus* mais moins active sur *Salmonella enteritidis* et *Escherichia coli*. Une huile appliquée sur une matrice alimentaire 'poisson) s'est avérée efficace pour la conservation de l'aliment (HELLA L, 2011).

L'huile essentielle de l'origan d'Algérie (*Origanum vulgare subs. Glandulosum*) une plante qui a une pousse spontanée agit sur les *Pseudomonas* (BEKHECHI et al., 2008). OUIBRAHIM, (2015), a utilisé l'huile essentielles de laurier (*Laurus nobilis L*) contre plusieurs germes, ceci a révélé une activité antibactérienne contre l'*Enterobacter sp* et *Shigella sp*.

BENZEGGOUTA (2005) a utilisé le jus d'oignon et le jus d'ail ainsi que leurs huiles, l'huile de cannelle et celle de clou de girofle. Elle a testé ces composés sur plusieurs souches (Gram positif et Gram négatif), le jus d'ail pur est très efficace contre la plupart des bactéries mais moins actif dilué. Le jus d'oignon inhibe que les staphylocoques et son huile est inefficace. Dans le but d'élargir leur spectre d'action, OUINI et al.(2013) ont testé des mélanges d'huiles essentielles qui ont donné des résultats meilleurs sur les champignon et sur les bactéries. Les effets antibactériens et antifongiques in vitro, de trois espèces appartenant au genre *Allium*, sont évalués à partir des jus frais et d'huiles essentielles de *A. cepa*, *fistulosum* et *sativum*. Différentes concentrations sont utilisées sur trois souches bactériennes : *Staphylococcus aureus* ATCC43300, *Streptococcus pneumoniae* ATCC49619

et *Escherichia coli* ATCC25922 et deux espèces fongiques *Fusarium graminearum* et *Candida albicans*. Le pouvoir inhibiteur semble être proportionnel à la concentration. L'activité antibactérienne la plus élevée est obtenue par les jus frais. On a noté que, pour l'activité antifongique, *Candida albicans* semble être plus sensible à l'effet de l'extrait frais, alors que *F. graminearum* est sensible aux huiles. L'inhibition la plus élevée est obtenue par les jus frais (BENMEDDOUR et al. ,2015).

Chez *Helicobacter pylori*, l'action antibactérienne de l'ail est le résultat de l'interaction de l'allicine avec les groupements SH de l'uréase, enzyme présente en quantité importante au niveau de la membranaire cellulaire de cette bactérie. En plus de l'action de l'allicine, le quercitine (polyphénol), à une action importante pour l'inhibition des enzymes (Estérase, Leucine -arylamidase, α -glucosidase, Phosphohydrolase et Lipase), il peut faire un complexe avec les protéines, ce qui amène à bloquer le site d'action d'enzyme. D'autres études ont montré que les flavonoïdes sont également inhibiteurs des enzymes telles que trypsine, lipase, oxydase (MEDDEB, 2008).

Tous les extraits et huiles essentielles qu'on a cité proviennent de plantes qu'on consomme comme légume, comme épice, comme condiment ou comme plante aromatique.

Dans ce travail, on a testé « in vitro » le jus d'ail pur et dilué et on a obtenu des résultats satisfaisants contre les staphylocoques et *Escherichia coli* et pour la deuxième partie « test in situ » sur la viande de volaille. L'ail inhibe la croissance de la FPAT et donc augmente la durée de vie de la viande.

Toutes les recherches sur les huiles essentielles ont un but commun qui est de remplacer les antimicrobiens de synthèse et les conservateurs chimiques.

L'ail a été utilisé cru pour ne pas dénaturer l'enzyme aliinase qui donne en présence de l'alliine, l'allicine, la molécule responsable du pouvoir inhibiteur de l'ail. D'après le CMI obtenu avec les souches testées, l'utilisation de l'ail dans les aliments nous protégera des intoxications alimentaires.

Les travaux de recherche sur l'activité de l'ail ou de son huile essentielle sont très nombreux. OULD KADDOUR et LOTMANI (2009) ont utilisé deux variétés d'ail (var rouge et var blanc) pour tester l'activité de l'ail sur les bactéries lactiques qui sont : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Le taux d'inhibition ne dépasse pas 5% avec une dose forte. Ces bactéries productrices d'acide lactique ne réagissent pas toujours avec les

composés de l'ail. Ce dernier a une action sélective vis-à-vis des bactéries lactiques. C'est un point très important pour l'industrie des produits laitiers car l'ail agit sur la flore pathogène et non sur les ferments lactiques qui reviennent chers aux industriels.

XU et *al.* (2015), ont dosé le taux de la S-allyl-Cysteine dans l'ail entreposé pendant 8 heures à 37°C, ils ont obtenu un pourcentage élevé de cette molécule qui est un composé précurseur de la molécule bioactive qui est l'allicine. Ce résultat a été confirmé par un test préliminaire qu'on a réalisé au laboratoire. Pour le jour J₂, on aensemencé des boîtes de Pétri avec des échantillons de viande traitée avec les 3 doses : 0, 1 et 2 ml. Les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 24 heures. On a obtenu aucune colonie pour les deux doses d'ail (1 et 2ml) (Figure 11). On suppose que l'ail a une activité importante à cette température. KUN et MILNER (2001) ont montré que 60 s de chauffage au micro-ondes peuvent détruire totalement l'activité enzymatique de l'alliinase, tandis que le chauffage pendant 30 s inhibe 90% de l'activité de cette enzyme par rapport à l'ail non chauffé. Ils ont déduit qu'à partir de 60°C l'alliinase commence à perdre son pouvoir catalyseur sur l'alliine. BENZEGGOUTA, (2005) a incubé ces cultures traitées avec du jus d'ail pur à température ambiante et les résultats sont meilleurs que ceux qu'on a obtenu lors de notre travail avec une température de 37°C. Les diamètres des zones d'inhibition sont supérieurs. Elle a obtenu les diamètres suivants :

Staphylococcus aureus ATCC 25923 (42mm) et l'*Escherichia coli* ATCC 25922 (38mm).

Cette différence peut être liée soit à la variété de l'ail utilisée, soit à la température ambiante dans laquelle elle a travaillé et qui pourra être la température optimale pour que l'effet de l'ail soit nettement plus efficace.

Tous ces résultats suggèrent que l'ail est actif sur des matrices alimentaires et prolonge leur conservation comme traitement complémentaire à la réfrigération car ses molécules bioactives ne sont pas inhibées par les températures de réfrigération donc retarde la prolifération de la FPAT. L'ail inhibe les bactéries indogènes et pathogènes car son effet inhibiteur est très important vis-à-vis de ces bactéries, ceci a été confirmé par les tests « in vitro » ou l'aromatogramme.

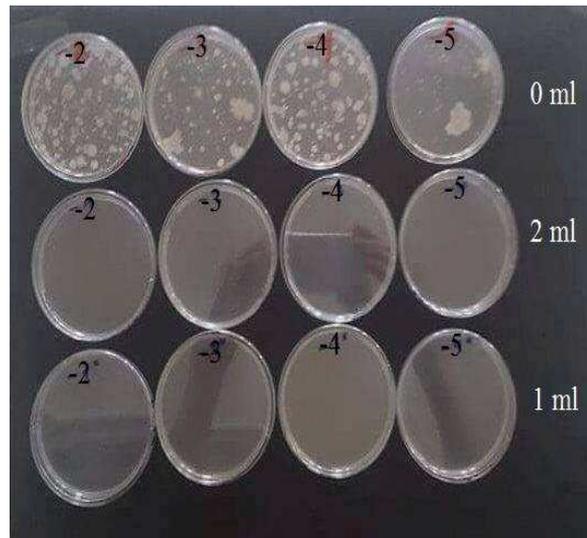


Figure 11 : Boîtes de Pétri des échantillons de viande de dinde traitée et non traitée au jus d’ail et incubées à 37°C.

L’ail est utilisé comme condiment, comme épice et comme une plante aromatique donc son utilisation depuis l’antiquité n’a jamais provoqué d’effet indésirable ou toxique. Le seul inconvénient est lié à la dose et aux choix personnels des consommateurs vu son odeur forte et son piquant.

Les études faites à travers le monde, montrent que les huiles essentielles peuvent être ajoutées à peu près à tous les aliments. Ainsi, les huiles essentielles d’origan, de thym, de cannelle ou de coriandre sont efficaces pour les viandes, les volailles, les charcuteries et les légumes; l’huile essentielle de menthe pour les produits frais (salades, yaourts...); les huiles essentielles à base de carvacrol ou de citral pour les poissons; les huiles essentielles de thym, de noix de muscade ou de gingembre pour les céréales (plus particulièrement celles riches en carvacrol pour le riz); et les huiles essentielles à base de carvacrol ou de cinnamaldéhyde pour les fruits. Toutefois, quelques limites existent à l’utilisation des huiles essentielles comme agents de conservation dans les aliments, notamment le pouvoir aromatisant de certaines d’entre elles. Cependant des techniques de désaromatisation existent et sont de plus en plus efficaces. D’autre part, les effets organoleptiques indésirables peuvent être limités en sélectionnant soigneusement l’huile essentielle selon le type d’aliment considéré, mais il est important de noter, que dans la plupart des cas, les concentrations d’huiles utilisées sont si faibles, qu’elles ne modifient pas les qualités organoleptiques de l’aliment. Un autre aspect à prendre en

compte, c'est de vérifier que l'huile essentielle sélectionnée n'a pas d'effet antimicrobien contre les bactéries utiles, notamment les ferments d'acidification, d'aromatisation et d'affinage, indispensables à la fabrication des produits. Moyennant ces précautions d'usage, l'emploi des huiles essentielles lors de la transformation des aliments peut présenter un triple intérêt: aromatisant, antioxydant et antimicrobien. (CAILLET et *al*, 2007).

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Les plantes aromatiques, les épices et les huiles essentielles sont des sujets d'actualité qui intéressent aussi bien le domaine médical que le domaine de l'agroalimentaire. Ce dernier est à la recherche de molécules actives et naturelles, qui serviront de substituts aux additifs alimentaires conventionnels : conservateurs (antimicrobiens et/ou antioxydants), stabilisants, émulsifiants, acidifiants, etc.

Deux objectifs principaux ont été atteints lors de ce travail. Le premier, consistait à évaluer le pouvoir antibactérien de l'ail (*Allium sativum*). On a utilisé une plante locale (ASbr) et l'extraction de jus a été réalisée à froid, avec un extracteur de jus. L'extrait a été testé sur quatre bactéries : *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Gram positif) et *Escherichia coli* ATCC 25922, *Escherichia coli* isolé d'un aliment (Gram positif). On a réalisé un aromatoگرامme qui nous a permis de déterminer le pouvoir inhibiteur de cette plante. Les bactéries testées sont extrêmement sensibles au jus pur et à la concentration de 75%. L'ail s'est avéré moins actif avec les autres dilutions.

Pour le pouvoir bactéricide ou bactériostatique du jus d'ail, on a déterminé les CMI_s et les CMB_s. Les plus faibles concentrations inhibitrices et bactéricides enregistrées sur les quatre souches sont égales à 0,170mg/ml et les plus élevées sont égales à 0,255mg/ml. On a déduit que l'ail avait un pouvoir bactéricide.

Le deuxième objectif est de tester le jus d'ail frais sur de la viande de dinde. On a appliqué deux doses de 1 et de 2ml et comparé à un témoin sans ail. Cette viande est entreposée pendant huit jours à 6±1°C. On a ensuite évalué le pourcentage (%) d'inhibition de la flore d'altération dans la viande traitée, pendant tout le temps d'entreposage. L'effet inhibiteur de l'ail est proportionnel à la concentration du jus d'ail. Les résultats sont satisfaisants, car le jus d'ail permet à la viande d'avoir une durée de vie plus longue, comparée à la viande non traitée.

Au terme de ce travail, on déduit que l'ail peut être utilisé comme un traitement complémentaire à la réfrigération, en vue de stopper ou de ralentir l'altération des aliments. Afin de compléter cette étude, il serait préférable de réaliser des travaux approfondis pour :

- Compléter l'évaluation de l'effet antimicrobien de l'ail, en s'intéressant à d'autres flores d'altération ;

- Evaluer l'effet antioxydant de l'ail, bien que plusieurs études ont été faites dans ce sens, mais pas sur la variété locale ;
- Déterminer le profil chimique (le chimotype) de l'extrait brut de l'ail, pour mieux connaître les molécules actives et leurs métabolites ;
- Associer l'ail aux nouvelles techniques de conservations des aliments : comme l'emballage sous atmosphère modifiée ; développer des biofilms actifs à base d'ail ;
- Associer l'ail à d'autres principes actifs naturels issus de différents extraits bruts, huiles essentielles, épices, etc., pour favoriser et renforcer l'effet synergique et élargir leur spectre d'action.
- Elargir l'application de cet extrait naturel d'ail sur d'autres matrices alimentaires : poissons, fromages, salades et plats cuisinés prêts à la consommation.

En fin, on peut conclure que les extraits aqueux et les huiles essentielles de plantes, ont un avenir prometteur dans le secteur l'agroalimentaire ; ils présentent ainsi, une alternative intéressante aux produits chimiques de synthèse, chers et nocifs.

Références bibliographiques

1-AGARWAL K. C. (1996). Therapeutic action of garlic constituents. *Med. Res. Rev.*, **16** (1), 111-124.

2-AGOULON A. (2012). Impact des paramètres de surgélation sur les caractéristiques des denrées alimentaires. Air Products and Chemicals. France.

3-AHSAN M., CHOWDHURY A.K.Z., ISLAM S.N., AHMED Z.U. (1996). Garlic Extract and Allicin: Broad Spectrum Antibacterial Agents Effective Against Multiple Drug Resistant Strains of *Shigella dysenteriae* type 1 and *Shigella flexneri*, Enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Vibrio cholera*. *Phytotherapy Research*,**10**, 329-331.

4-AISSANI F. (2015). Analyse sensorielle de la viande bovine additionnée aux huiles essentielles *Thymus ciliatus* (Zaitra) et *Amoïdes verticillata* (Nunkha). Mémoire de Master. Technologie des industries agroalimentaires. Université ABOUBAKER BELKAID-Tlemcen. Algérie.

5-AMARTI F., SATRANI B., GHANMI M., FARAH A., AAFI A., AARAB L., EL AJJOURI M., CHAOUCH A. (2010). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, **14**(1), 141-148.

6-AOUINI M., PELEN F., SOULIMANI R. (2013). Etude de l'activité antimicrobienne d'un mélange de 41 huiles essentielles et domaines d'application. *Phytothérapie*, **11**, 225-236.

7-ARNAL B. (2012). 1^{er} colloque santé prévention sud ouest : Phytothérapie, place des herbes et aromates. Toulouse. France.

8-AVATO P., TURSIL E., VITALI C., MICCOLIS V., CANDIDO V. (2000). Allylsulfide constituents of garlic volatile oil as antimicrobial agents. *Phytomedicine*,**7**, 239-243.

9-AYESSOU N., GOLI T., CISSE M., DIATTA H., FALL J., THIAW O., NDIAYE M., DIOP C. (2014). Amélioration de la qualité microbiologique du poisson. *rev. Cames*, **2**(2), 63-67.

10-BAILLY J.D., BRUGERE H. et CHARDON H. (2012). Micro-organismes et parasites des viandes : les connaître pour les maîtriser, de l'éleveur au consommateur. Edition CIV 2015. Paris.

11-BAKRI I.M. ET DOUGLAS C.W.I. (2005). Inhibitory effect of garlic extract on oral bacteria. *Arch Oral Bio*, **50**, 645–651.

12-BEKHECHI C., ATIK-BEKKARA F. et ABDELOUAHID D.E. (2008). Composition et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* d'Algérie. *Phytothérapie*, **6**, 153-159.

13-BELGUITH H., KTHIRI F., CHATI A., ABU SOFAH A., BEN HAMIDA J. ET LADOUSSI A. (2010). Antimicrobial and Antioxidant Effects of Milk Protein-Based Film Containing Essential Oils for the Preservation of Whole Beef Muscle. *J. Agric. Food Chem*, **52**, 5598-5605.

14-BENMEDDOUR T., LAOUAR H., BENABDI A. et BRAHIMI S. (2015). Evaluation of antibacterial and antifungal activity of extracts from three species of the genus *Allium*: *A. cepa*, *fistulosum* and *sativum* grown in agricultural area of doussen (wilaya of biskra). *Courrier du Savoir*, **19**, 9-14.

15-BENSALEM A., AGLI A-N. et OULAMARA H. (2014). P028: Fréquences de consommation alimentaire chez les ménages algériens. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, **28**, 82-83.

16-BENZEGGOUTA N. (2005). Etude de l'Activité Antibactérienne des Huiles Infusées de Quatre Plantes Médicinales Connues Comme Aliments. Mémoire de Magister. Pharmacochimie. Université Mentouri de Constantine. Algérie.

17-BERNARD A. (2012). Les épices c'est malin, cannelle, clou de girofle, poivre... leurs bienfaits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé, la beauté et la maison. P 16.

18-BODNAR C. (2014). L'ail en 2014-2015. Bilan de campagne. France agri Mer. France.

19-BONNEL D. (2012). La conservation des denrées alimentaires en refuges. Note de synthèse. Université Le Mirail, Toulouse. France.

20-BONNET R., BRU J.P., CARDON F., CATTOIR V. CHARDON H., COURUALIN P., DUBREUIL L. (2015). Comité de l'aromatogramme de la société Française de microbiologie. EUCAST. Paris.

21-BOUCHER S.N., SLATER E.R., CHAMBERLAIN A.H. et ADAMS M.R. (1994). Production and viability of coccoids forms of *Campylobacter jejuni* *JApplied Bact.* **77**, 303-307

22-BOUSBIA N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse Doctorale. Chimie. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse et Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach-Alger.

23-BREMNESS L. (1994). Larousse des Plantes Aromatiques et Médicinales : 700 espèces. Paris. 304.

24-BRUNEL V., JEHL N., DROUET L. et PORTHEAU M-C. (2010). Viande de volaille : Sa valeur nutritionnelle présente bien des atouts. *Viandes et Produits Carnés*, **25** (1), 1-21.

25-BURT S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, **94**, 223– 253.

26-CAILLET S., LACROIX M., (2007). Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire. Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) INRS-Institut.

27-CAILLET S., LACROIX M., (2007). Toxi-infections et salubrité alimentaire. Laboratoire de Recherche en Sciences Appliquées à l'Alimentation (RESALA) INRS-Institut.

28-CASELLA S., LEONARDI M., MELAI B., FRATINI F. et PISTELLI L. (2013). The Role of Diallyl Sulfides and Dipropyl Sulfides in the *In Vitro* Antimicrobial Activity of the Essential Oil of Garlic, *Allium sativum* L., and Leek, *Allium porrum* L., *Phytotherapy Research*, **27**(3), 380-3.

29-CHAN K. YIN M. CHAO W. (2007). Effect of diallyl trisulfide-rich garlic oil of anticoagulation factors in rats. *Food chem toxicol*, **45**, 502-507.

30-CHAO S.C, YOUNG D.G. et OBERG G.J. (2000). Screening for inhibitory activity of essential oils on selected Bacteria, Fungi and viruses. *Journal of Essential oil Research*, **12**, 639- 649

31-CHIBA LEE I. (2014). Poultrynutrition and feeding. *Animal Nutrition Handbook*, **12**(3), 410-422.

32-CHOUGUI N. (2015). Technologie et qualité des viandes. Sciences alimentaires. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. Algérie.

33-COEN N.et KARIB H. (2006). Risque hygiénique lié à la présences des E; coli dans les viandes et les produits carnés. *Les technologies de laboratoire*, **1**, 4-9.

34-COMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS (2014). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur les fruits et légumes frais, Propositions de nouveaux travaux sur les fruits et légumes frais : document de projet proposition de nouveaux travaux sur une norme codex pour les aulx. Mexique

35-COMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS (2015). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur les méthodes d'analyse et d'échantillonnage : document d'information sur les exemples pratiques concernant le choix des plans d'échantillonnage appropriés. Rome. Italie.

- 36-DE LA CRUZ J., MEDINA et GARCIA H.S. (2007).** FAO (Food and Agriculture Organization of United Nation). Garlic post- harvest operations.
- 37-DELARRAS C. (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Edition TEC& DOC. Lavoisier.
- 38-DETHIER B. (2010).** Contribution à l'étude de la synthèse de l'alliine de l'ail. Mémoire de Master, Université de Liege. Belgique
- 39-DEUMIER F. (2000).** Formulation et déshydratation de viande de volaille par immersion : Etudes des transferts de matière à pression atmosphérique et sous vide. Thèse doctorale. Génie des procédés. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaire de Massy. France.
- 40-DJENANE D., YANGÜELA J., AMROUCHE T. BOUBRIT S., BOUSAAD N. ET RONCALES P. (2009).** Agerien *pistacia lentiscus* and *satureja hortensis* essential oils : Their chemical composition and their perspective effects against *Listeria monocytogenes* 935-ATTC 13932 inoculated in meat. *New challenges in food preservation*. Processing-safety-SUSTAIN ABILITY. 11-13.
- 41-DJENANE D., YANGÜELA J., DERRICHE F., BOUARAB L., RONCALES P. (2012).** Extrait de feuilles d'olivier ; tests in vitro vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Enteritidis et *Pseudomonas aeruginosa* ; application sur la viande de dinde. *Phytothérapie*, 10–18.
- 42-EL AMRI J., ELBADAoui K., ZAIR T., BOUHARB H., CHAKIR S. , LMOLK ALAOUI T. (2014).** Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Teucrium capitatum* L et l'extrait de *Siléne vulgaris* sur différentes souches testées. *Journal of Applied Biosciences*, **82**, 7481-7492.
- 43-FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2014).** Viande et produits carnés : source de viande.
- 44-GHAFIR Y. et DAUBE G. (2007).** Le point sur les méthodes de de la méthode surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires. *Ann. Méd. Vét.*, **151**, 79-100.
- 45-GLEDEL J. (1985).** Rôle des réservoirs et de l'environnement dans la Salmonellose bovine. *Epidémiol.Santé anim.*, **7**, 39-72.
- 46-GOVINDAN V.P., PANDURANGA A.N., MURTHY P.K. (2016).** Assessment of in vivo antimalarial activity of arteether and garlic oil combination therapy. *Biochemistry and Biophysics Reports*, **5**, 359–364.

47-HELLAL Z. (2011). Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites des *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magistère. Biochimie appliquée et biotechnologies. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Algérie.

48-HUMBERT F. (1992). Salmonelles et filière avicole : Aspects épidémiologiques et incidences sur la santé publique. *Point Vét.*, **24**, 207-214.

49-ISERIN P., MASSON M., RESTELLINI J.P., YBERT E., DE LAAGE DE MEUX A., MOULARD F., ZHA E., DE LA ROQUE R., DE LA ROQUE O., VICAN P., DEELESALLE-FEAT T., BIAUJEAUD M., RINGUET J., BLOTH J., BOTREL A., (2001). Larousse Encyclopédie des plantes médicinales identification, préparations, soins, 2^{ème} édition de Vuief, Paris, 335.

50-ISO 5560 (1997). Ail déshydraté (*Allium sativum*).

51-ITAVI (Institut Technique des Filières Avicoles, cunicoles et piscicoles) (2015). Situation de la production et des marchés avicoles et cunicoles : Bilan 2014. Paris.

52-ITCMI (Institut technique des cultures maraichères et industrielles) (2010). Fiche technique valorisées des cultures maraichères et industrielles : la culture de l'ail. Alger. Algérie.

53-ITELV-OFAAL (L'Institut Technique des Elevages et l'Activités de l'Observatoire des Filières Avicoles) (2015). Note de conjoncture : Produits et intrants avicoles du premier trimestre 2015. Algérie.

54-JOURDAIN D. (1997). Dictionnaire des plantes médicinales. Edition Quebecor. Montreal. Canada. 197p.

55-KACI A. et CHERIET F. (2013). Analyse de la compétitivité de la filière de viande de volaille en Algérie : tentatives d'explication d'une destruction chronique. *New Medit*, **2**, 11-21. Italie.

56-KACI A. (2015). La filière avicole algérienne à l'ère de la libéralisation économique. *Cahier Agricole*. **3**(24), 151-160.

57-KNOCKAERT C. (2002). Le fumage du poisson. Edition IFREMER, 7^{ème} édition. France.

58-KRAFT A.A. (1971). Microbiology of poultry products. *J. Milk Food Technol.*, **34** (1), 23-29.

59-KUN C. ET MILNER J. A. (2001). The Influence of Heating on the Anticancer Properties of Garlic. *The journal of nutrition*, **131**(3), 1054-1057.

60-LARBALETRIER A. (1978). Les Animaux de basse-cour : Elevage des poules et coqs, dindons, pintades, oies, canards, cygnes, paons, pigeons, léporides, lapins et cobayes. Paris. 405.

61-LEMOINE T., BOURGERIE S., BRIQUET A., CARLIER M. et HERVE S. (2008). Spécification technique : Préparations de viandes, produits à base de viande de volaille ou de lapin foies gras de volaille. France.

62-MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) (2012). Statistiques agricoles. Alger, Algérie.

63-MALPEL G. P., MARIGEAUD M. et MARTY S. (2014). Mission filière volaille de chair. Rapport établi par l'inspection générale des finances et par le conseil général de l'alimentation de l'agriculture et des espaces ruraux. France.

64-MAYER F. (2012). Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite. Thèse Doctorale. Pharmacie. Université de Lorraine. France.

65-MEDDEB V. (2008). Etude des effets des rayonnements ionisants sur les propriétés biochimiques et biologiques de l'ail (*Allium sativum*). Mémoire de Master, université 7 novembre. Carthage.

66-MEDJELDI MERZOUGUI S. (2012). Peroxydase d'origine végétale : Purification, caractérisation biochimique, immobilisation et application dans la détermination des peroxydes au niveau des aliments conservés. Thèse de Doctorat. Biochimie appliquée. Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie

67-MIKAILI P., MAADIRAD S., MOLOUDIZARGARI M., AGHAJANSHAKERI S. et SARAHROODI S. (2013). Therapeutic use and pharmacological properties of garlic, shallot, their biologically active compounds. Iranian journal of basic medical sciences, **16**, 1031-1048.

68-MOGHADAM F.J. , NAVIDIFAR T. et MANSOUR A.. (2014). Activité antibactérienne de l'ail (*Allium sativum* L) sur tmultigrugs resist Hélicobacter pylori, *journal international of Entericpathogens*, **2** (2) , 16749-17795.

69-MOHAMED SAID R. (2015). Etudes qualitatives et quantitatives des résidus d'antibiotiques dans la viande de volaille et les œufs dans la région de Mitidja : utilisation des probiotiques comme alternative. Thèse doctorale. Sciences biologique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Algérie.

70-MUTSCH L. (2015). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires : ligne directrices pour l'interprétation. Edition 2015. Luxembourg.

71-NAA 80-137 (Nomenclature Algérienne des Activités) (1980). Note de présentation de la nomenclature algérienne des activités NAA. Office national des statistiques. Algérie.

72-NORME CEE-ONU (Norme de la Commission Économique pour l'Europe et l'Organisation des Nations Unies) (2015). Produits à base de viande de volaille y compris les préparations prêtes à cuir et les produits prêts à consommer. New York et Genève.

73-NURWANTORO, BINTORO V.P., LEGOWO A.M., PURNOMOADI A. et SETIANI B.E. (2015). Garlic Antioxidant (*Allium sativum L.*) to Prevent Meat Rancidity. *Procedia Food Science*, **3**, 137 – 141.

74-OCDE-FAO (Organisation de Coopération de Développement Economique et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2014). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2014-2023. 20^{ème} édition de l'OCDE. Paris. France.

75-OCDE-FAO (Organisation de Coopération de Développement Economique et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2015). Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2015-2024. 21^{ème} édition de l'OCDE et 11^{ème} édition de la FAO. Paris. France.

76-O'GARA E.A., HILL D.J. et MASLIN D.J. (2000). Activités de l'huile d'ail, poudre d'ail et leur composés diallyle contre *Helicobacter pylori*. *App. Microbiol. Environ*, **66**(5), 2269-2273.

77-OUIBRAHIM A. Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis L.*, *Ocimum basilicum L.* et *Rosmarinus officinalis L.*) de l'Est Algérien. Thèse doctorale. Toxicologie. Université Badji Mokhtar de Annaba. Algérie.

78-OULD KADDOUR A et LOTMANI M.B, M.C. (2009). Effet des extraits phénoliques d'ail (*Allium sativumL.*) sur la croissance des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*). Mémoire de Magister, Université AdelhamidIbn Badis. Mostaganem.

79-OUSSALAH M., CAILLET S., SAUCIER L., LACROIX M., (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, **18**,414–420.

80-PIBIRI M-C. (2005). Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse sciences EPFL. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Suisse.

81-PITTLER M.H. ET ERNST E. (2007). Clinical effectiveness of garlic (*Allium sativum*). *Mol. Nutr. Food Res.*, **51**, 1382 – 1385.

82-PONCE A.G., FRITZ R., DEL VALLE C.E., ROURA S.I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, **36**, 679–684.

83-RABOT C., ROUSSEAU F., DUMONT J.P., REMIGNON H. ET GANDEMER G. (1996). Poulets de chair : effets respectifs de l'âge et du poids d'abattage sur les caractéristiques lipidiques et sensorielles des muscles. *Viandes et Produits Carnés*, **1(17)**, 17-22.

84-RAHMANI T. (2006). Situation de l'élevage du poulet de chair dans la daïra de Touggourt : (cas de Sidi-Mahdi Commune de Nezla). Thèse d'ingénieur, Production animal. Université Kasdi Merbah de Ouargla. Algérie.

85-RÈGLEMENT (CE) N° 1333/2008 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL

(2008). les additifs alimentaires (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). *Journal officiel de l'Union européenne*, 16-33.

86-RHAYOUR K. (2002). Etude du mécanisme de l'action bactéricide des huiles essentielles sur *Esherichia coli*, *Bacillus subtilis* et sur *Mycobacterium phlei* et *Mycobacterium fortuitum*. Thèse Doctorale. Biologie cellulaire et moléculaire appliquée à l'environnement et la santé. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Faculté des Sciences Dhar Mehraz, Fès.

87-RICARD F. H. et MARCHE G. (1984). Relation entre différents dépôt gras et éléments de peau chez le poulet. *Annales de zootechnie*, **33(2)**, 149-160.

88-SALEH N.E., MICHAEL F.R., TOUTOU M.M. (2015). Evaluation of garlic and onion powder as phyto-additives in the diet of sea bass (*Dicentrarcus labrax*). *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **41**, 211–217.

89-TAHRI N., ORCH H. et ZIDANE L. (2007). Ail et Microbes : Examen critique de la littérature, revue antibiotherapeutique. . Journée Scientifique « Ressources Naturelles et Antibiothérapie » Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles. Université Ibn Tofail, Kenitra.

90-TALL F. (2003). Qualité bactériologique de la viande de poulet de chair au Sénégal : incidence des conditions d'élevage et d'abattage des volailles. Mémoire de diplôme d'études approfondies. Productions animales. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sénégal.

91-TOTELIN L. (2015). When foods become remedies in ancient Greece: The curious case of garlic and other substances. *Journal of Ethnopharmacology*, **167**, 30–37.

92-TOUIL A., LITAIEM J. ET ZAGROUBA F. (2015). Isothermes de sorption et propriétés thermodynamique de l'*Allium sativum*. *Journal of the Tunisian Chemical Society*, **17**, 105-114.

93-VAN IMMERSEEL F., DE BUCK J., PASMANS F., HUYGHEBAERT G., HAESEBROUCK F. DUCATELLE R. (2004). Clostridium perfringens in poultry: an emerging threat for animal and public health. *Avian Pathol*, **33**(6), 537-49

94-XU X., MIAO Y., CHEN J.Y., ZHANG Q. et WANG J. (2015). Effective production of S-allyl-L-cysteine through a homogeneous reaction with activated endogenous γ -glutamyltranspeptidase in garlic (*Allium Sativum*). *J. food sci. technol.*, **52**(3), 1724-1729.

95-YAKHLEF G., LAROUÏ S., MAMBABA L., ABERKANE M-C. et AYACHI A. (2011). Evaluation de l'activité antimicrobienne de *Thymus vulgaris* et de *Laurus nobilis*, plantes utilisées en médecine traditionnelle. *Phytothérapie*, **9**, 209-218.

96-ZAIDI S.K., ANSARI S.A., ASHRAF G.M-D., JAFRI M.A., TABREZ S., BANU N. (2015). Reno-protective effect of garlic extract against immobilization stress induced changes in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **5**(5), 364-369.

97-ZHIRI A. (2006). Aromatherapie, un peu d'histoire. *Neutra News*, 1-16.

Annexes

ANNEXE A

Grand matériel

1 -Extracteur de jus ou centrifugeuse : marque CLARTONIC, fabriqué en Allemagne.



2- Hachoir de cuisine : marque ENAPEM, fabriqué en Algérie.



3-Balance électronique de marque SARTORIUS



4- Autoclave

5- Etuve

6-Réfrigérateur

7- Four Pasteur

8-Microscope

Petit matériel :

Micropipettes : 5-50 μ l , 100 μ l , 1000 μ l

1-Bec bunsen

2-Pince métallique

3-Lames en verre

4-Boîtes de Pétri en plastique de 9cm de diamètre

5-Boîtes de Pétri en verre de 19 cm de diamètre

6-Tubes à essai

7- Ecouvillons

8-Disques stériles de 6mm de diamètre

9- Disques d'antibiotiques.

10-Tubes à hémolyse

11-Flacons en verre de 500 ml

12-Cristalliseur

13-Papier aluminium

11- Embouts

14-Coton

15-Compressees stériles

16-Gants stériles



ANNEXE B

Milieux de culture et réactifs

1- Eau physiologique :

Nacl9g Autoclaver à 120°C pendant 20mn
Eau distillée.....1000ml pH=7

2-Tryptone-Eau-Sel :

Nacl.....9g Autoclaver à 120°C pendant
20mn.Tryptone.....1g pH = 7
Eau distillée.....1000ml

3-Bouillon nutritif :

Peptone10g
Extrait de viande.....5g
Nacl......5g Autoclaver à 120°C pendant 20mn
Eau distillée1000ml pH= 6,8±0,2

4-Milieu schubert (Bouillon)

Tryptophane0,2g
Acide glutamique.....0,2g
Citrates de sodium.....0,5g
Sulfate d'ammonium.....0,4g
Chlorure de sodium.....2g
Peptone.....10g
Sulfate de magnésium.....0,7g Autoclaver à 120°C pendant 15mn
Mannitol.....7,5g pH= 7,4±0,2
Phosphatedisodique.....4g
Phosphate monopotassique.....0,6
Eau distillée.....1000ml

5- Gélose nutritive

Chlorure de sodium.....5g Autoclaver à 120°C pendant 15mn

Bleu de bromothymol.....0,065g

Agar.....13g

Eau distillée.....1000ml

9-Milieu Mueller Hinton

Infusion de viande de bœuf déshydratée.....6g Autoclaver à 120°C pendant 15mn

Hydrolysate de caséine.....17,5 pH= 7,4±0,2

Amidon.....1,5g

Eau distillée1000ml

Réactifs et solutions

Réactif de KOVACS :

Alcool amylique ou isoamylique.....150ml

P. Diméthylaminobenzaldhyde.....10g

Acide chlorhydrique concentré.....50ml

NB : Ajouter l'acide en dernier et longtement

***Solution standard 0,5 de Mc Farland**

Chlorure de Baryum (BaCl₂ · 2H₂O) 1,175%0,05ml

H₂SO₄ à 1%9,95ml

Normes McFarland originales ont été mélangeant des quantités spécifiées de chlorure de baryum et de l'acide sulfurique ensemble. Le mélange des deux composés formant du sulfate de baryum précipité, ce qui provoque un trouble dans la solution. Une norme McFarland 0,5 est préparée en mélangeant 0,05 mL de 1,175% de chlorure de baryum dihydraté (BaCl₂ · 2H₂O), avec 9,95 ml d'acide sulfurique à 1% (H₂SO₄).

Coloration de Gram (DELARRAS, 2007)

-Préparation de frottis

-Mettre du violet de Gentiane et laisser agir 1mn

- Rincer a l'eau distillée
- Recouvrir le frotti de Lugol sans verser le premier colorant, pendant 1mn
- Rincer à l'eau distillée
- Alcool 95° pendant 30 secondes
- Rincer à l'eau distillée
- Colorer à la Fuschine pendant 30mn
- Rincer et observer à l'objectif x100 à l'immersion

Annexe C

ECARTS-TYPES DES RESIDUS

ECARTS-TYPES FACTEUR 1 = dose

1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
16479219,8	2030263,44	914922,532

KHI2 = 91.299

PROB =0.0

ECARTS-TYPES FACTEUR 2 = temps

1 (j0)	2 (j2)	3 (j4)	4 (j6)	5 (j8)
6240,393	41542,147	1010659,83	13896762,2	17022729,6

KHI2 = 216.566

PROB =0.0

ECARTS-TYPES INTER F1*2 = dose temps

	1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
1 (j0)	7205,785	7205,785	7205,785
2 (j2)	77674,534	20132,892	21548,395
3 (j4)	1509966,91	1058300,53	828090,161
4 (j6)	27227437,8	5205125,66	2013289,21
5 (j8)	34019601,6	800000	1058300,53

KHI2 = 177.465

PROB =0.0

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.
VAR.TOTALE	3,5762E+17	44	8,1278E+15			
VAR.FACTEUR 1	1,028E+17	2	5,1398E+16	398,297	0	
VAR.FACTEUR 2	1,0241E+17	4	2,5602E+16	198,396	0	
VAR.INTER F1*2	1,4855E+17	8	1,8569E+16	143,893	0	
VAR.RESIDUELLE 1	3,8713E+15	30	1,2904E+14			11359791,7

MOYENNES

MOYENNE GENERALE = 41375570.0

MOYENNES FACTEUR 1 = dose

1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
108898200	10272990	4955527

MOYENNES FACTEUR 2 = temps

1 (j0)	2 (j2)	3 (j4)	4 (j6)	5 (j8)
20966,67	316888,9	7117778	100933300	98488890

MOYENNES INTER F1*2 = dose temps

	1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
1 (j0)	20966,67	20966,67	20966,67
2 (j2)	536666,7	277333,3	136666,7
3 (j4)	10600000	9200000	1553333
4 (j6)	270666700	21066670	11066670
5 (j8)	262666700	20800000	12000000

PUISSANCE DE L'ESSAI

FACTEUR 1 : dose

			RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS	ECARTS		5%	10%	20%
En %	V.Absolue		PUISSANCE A PRIORI		
5%	2068778,56		7%	13%	24%
10%	4137557,12		13%	21%	34%
			PUISSANCE A POSTERIORI		
	Moyennes observées		99%	99%	99%

FACTEUR 2 : temps

			RISQUE de 1ere ESPECE		
--	--	--	--------------------------	--	--

1.0	d0	108898200	A	
2.0	d1	10272990		B
3.0	d2	4955527		B

FACTEUR 2 : temps

NOMBRE DE MOYENNES
VALEURS DES PPAS

	2	3	4	5
	10939011	13198309,5	14559283,5	15532969

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4.0	j6	100933300	A	
5.0	j8	98488890	A	
3.0	j4	7117778		B
2.0	j2	316888,9		B
1.0	j0	20966,67		B

INTER F1*2 : dose-temps

NOMBRE DE MOYENNES
VALEURS DES PPAS

	2	3	4	5	6
	18946922,9	22860142,6	25217418,8	26903891,4	28213758,3
10	11	12	13	14	15
31644842,5	32254173,3	32803401,2	33303050,1	33761122,3	34183842,1

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 4.0	d0 j6	270666700	A	
1.0 5.0	d0 j8	262666700	A	
2.0 4.0	d1 j6	21066670		B
2.0 5.0	d1 j8	20800000		B
3.0 5.0	d2 j8	12000000		B
3.0 4.0	d2 j6	11066670		B
1.0 3.0	d0 j4	10600000		B
2.0 3.0	d1 j4	9200000		B
3.0 3.0	d2 j4	1553333		B
1.0 2.0	d0 j2	536666,7		B
2.0 2.0	d1 j2	277333,3		B
3.0 2.0	d2 j2	136666,7		B
1.0 1.0	d0 j0	20966,67		B
2.0 1.0	d1 j0	20966,67		B
3.0 1.0	d2 j0	20966,67		B

Données pour des regroupements d'essais

1 (d0)	1 (j0)	20966,67
1 (d0)	2 (j2)	536666,7
1 (d0)	3 (j4)	10600000
1 (d0)	4 (j6)	270666700
1 (d0)	5 (j8)	262666700
2 (d1)	1 (j0)	20966,67
2 (d1)	2 (j2)	277333,3
2 (d1)	3 (j4)	9200000
2 (d1)	4 (j6)	21066670
2 (d1)	5 (j8)	20800000
3 (d2)	1 (j0)	20966,67
3 (d2)	2 (j2)	136666,7
3 (d2)	3 (j4)	1553333
3 (d2)	4 (j6)	11066670
3 (d2)	5 (j8)	12000000

Annexe C

ECARTS-TYPES DES RESIDUS

ECARTS-TYPES FACTEUR 1 = dose

1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
16479219,8	2030263,44	914922,532

KHI2 = 91.299

PROB =0.0

ECARTS-TYPES FACTEUR 2 = temps

1 (j0)	2 (j2)	3 (j4)	4 (j6)	5 (j8)
6240,393	41542,147	1010659,83	13896762,2	17022729,6

KHI2 = 216.566

PROB =0.0

ECARTS-TYPES INTER F1*2 = dose temps

	1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
1 (j0)	7205,785	7205,785	7205,785
2 (j2)	77674,534	20132,892	21548,395
3 (j4)	1509966,91	1058300,53	828090,161
4 (j6)	27227437,8	5205125,66	2013289,21
5 (j8)	34019601,6	800000	1058300,53

KHI2 = 177.465

PROB =0.0

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.
VAR.TOTALE	3,5762E+17	44	8,1278E+15			
VAR.FACTEUR 1	1,028E+17	2	5,1398E+16	398,297	0	
VAR.FACTEUR 2	1,0241E+17	4	2,5602E+16	198,396	0	
VAR.INTER F1*2	1,4855E+17	8	1,8569E+16	143,893	0	
VAR.RESIDUELLE 1	3,8713E+15	30	1,2904E+14			11359791,7

MOYENNES

MOYENNE GENERALE = 41375570.0

MOYENNES FACTEUR 1 = dose

1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
108898200	10272990	4955527

MOYENNES FACTEUR 2 = temps

1 (j0)	2 (j2)	3 (j4)	4 (j6)	5 (j8)
20966,67	316888,9	7117778	100933300	98488890

MOYENNES INTER F1*2 = dose temps

	1 (d0)	2 (d1)	3 (d2)
1 (j0)	20966,67	20966,67	20966,67
2 (j2)	536666,7	277333,3	136666,7
3 (j4)	10600000	9200000	1553333
4 (j6)	270666700	21066670	11066670
5 (j8)	262666700	20800000	12000000

PUISSANCE DE L'ESSAI

FACTEUR 1 : dose

			RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS	ECARTS		5%	10%	20%
En %	V.Absolue		PUISSANCE A PRIORI		
5%	2068778,56		7%	13%	24%
10%	4137557,12		13%	21%	34%
			PUISSANCE A POSTERIORI		
	Moyennes observées		99%	99%	99%

FACTEUR 2 : temps

			RISQUE de 1ere ESPECE		
--	--	--	--------------------------	--	--

1.0	d0	108898200	A	
2.0	d1	10272990		B
3.0	d2	4955527		B

FACTEUR 2 : temps

NOMBRE DE MOYENNES
VALEURS DES PPAS

	2	3	4	5
	10939011	13198309,5	14559283,5	15532969

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4.0	j6	100933300	A	
5.0	j8	98488890	A	
3.0	j4	7117778		B
2.0	j2	316888,9		B
1.0	j0	20966,67		B

INTER F1*2 : dose-temps

NOMBRE DE MOYENNES
VALEURS DES PPAS

	2	3	4	5	6	
	18946922,9	22860142,6	25217418,8	26903891,4	28213758,3	
10	31644842,5	11	12	13	14	15
		32254173,3	32803401,2	33303050,1	33761122,3	34183842,1

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 4.0	d0 j6	270666700	A	
1.0 5.0	d0 j8	262666700	A	
2.0 4.0	d1 j6	21066670		B
2.0 5.0	d1 j8	20800000		B
3.0 5.0	d2 j8	12000000		B
3.0 4.0	d2 j6	11066670		B
1.0 3.0	d0 j4	10600000		B
2.0 3.0	d1 j4	9200000		B
3.0 3.0	d2 j4	1553333		B
1.0 2.0	d0 j2	536666,7		B
2.0 2.0	d1 j2	277333,3		B
3.0 2.0	d2 j2	136666,7		B
1.0 1.0	d0 j0	20966,67		B
2.0 1.0	d1 j0	20966,67		B
3.0 1.0	d2 j0	20966,67		B

Données pour des regroupements d'essais

1 (d0)	1 (j0)	20966,67
1 (d0)	2 (j2)	536666,7
1 (d0)	3 (j4)	10600000
1 (d0)	4 (j6)	270666700
1 (d0)	5 (j8)	262666700
2 (d1)	1 (j0)	20966,67
2 (d1)	2 (j2)	277333,3
2 (d1)	3 (j4)	9200000
2 (d1)	4 (j6)	21066670
2 (d1)	5 (j8)	20800000
3 (d2)	1 (j0)	20966,67
3 (d2)	2 (j2)	136666,7
3 (d2)	3 (j4)	1553333
3 (d2)	4 (j6)	11066670
3 (d2)	5 (j8)	12000000

Résumé

L'ail (*Allium sativum*) offre une alternative prometteuse comme bioconservateur. Le rendement de l'extraction du jus d'ail frais est de 56,85%.

L'évaluation de l'effet antibactérien de l'extrait brut aqueux d'ail sur quatre souches bactériennes (*Staphylocoque aureus* ATCC 43300(SARM), *Staphylocoque aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 et *Escherichia coli*), révèle que l'ensemble des souches sont sensibles à cet extrait pur et même à des dilutions de 25%, 50% et 75% ; par contre, elles sont résistantes à la concentration de 5%. Les diamètres des zones d'inhibition sont de 25, 75 \pm 0,25mm pour la souche SARM, 26,5 \pm 0,5mm pour *S. aureus* ATCC 25923, 21,0 \pm 0,0mm *E.coli* ATCC 25022 et 13,7 \pm 0,3 *E.coli*. Les CMI_s et les CMB_s obtenues sont de 0,170mg/ml et 0,255mg/ml. L'ail a un effet bactéricide sur toutes les souches testées.

L'application de deux concentrations différentes du jus d'ail, sur la viande de dinde entreposée à 6 \pm 1°C pendant 8jours, a démontré l'efficacité de ce traitement. En effet, à la fin de la conservation, on a enregistré un pourcentage d'inhibition de la flore d'altération de 15,28% et 13.39 % aux doses de 2ml et 1ml de jus d'ail/100g de viande de dinde respectivement, comparé à l'échantillon de viande non traité. D'après ces résultats, le traitement à l'ail peut compléter celui de la réfrigération.

Mots clés : *Allium sativum*, extrait brut aqueux, activité antibactérienne, CMI, viande de dinde, conservation.

Abstract

Garlic (*Allium sativum*) offers a promising alternative as bioconservateur. The yield of the extraction of fresh garlic juice is 56.85%.

The evaluation of the antibacterial effect of the aqueous crude extract of garlic on four bacterial strains (*Staphylococcus aureus* ATCC 43300 (MRSA), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Escherichia coli*), reveals that all strains are susceptible to this pure extract and even at 25% dilution, 50% and 75%; by cons, they are resistant to a concentration of 5%. The diameters of the inhibition zones are 25, 75 \pm 0.25mm for the MRSA strain, 26.5 \pm 0.5 mm for *S. aureus* ATCC 25923, 21.0 \pm 0.0mm *E. coli* ATCC 25022 and 13 7 \pm 0.3 *E.coli*. MICs and CMBS obtained are of 0,170mg / ml and 0,255mg / ml. Garlic has a bactericidal effect on all strains tested.

The application of two different concentrations of garlic juice on turkey meat stored at 6 \pm 1 ° C for 8 days, has demonstrated the effectiveness of this treatment. Indeed, at the end of conservation, there was a percentage inhibition of the spoilage flora of 15.28% and 13.39% in 2ml 1ml doses of garlic juice / turkey meat 100g respectively compared to the untreated meat sample. From these results, the garlic treatment may complement that of refrigeration.

Keywords: *Allium sativum*, aqueous crude extract, antibacterial, CMI, turkey meat preservation.