

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Appliquée

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم البيولوجيا التطبيقية

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences biologiques

**Spécialité :** Microbiologie et Hygiène Hospitalière

N° d'ordre :

N° de série :

Intitulé :

---

**Etude de la sensibilité des bactéries uropathogènes vis à vis de certaines huiles essentielles**

---

**Présenté par :** CHADI Oumnia  
BELGHIT Hadjer

**Le 21/06/2023**

**Jury d'évaluation :**

**Encadreur :** Dr. ZITOUNI Hind (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Président :** Dr. BATAICHE Insaf (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur :** Dr. OUIBRAHIM Amira (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Année universitaire  
2022 - 2023**



## *Remerciements*

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur **KACEM CHAUCHE Noredine**, chef du département de biologie appliquée de nous avoir accepté dans son département, et de nous avoir donné la chance d'accéder à ce master professionnel.

Nos remerciements les plus sincères vont à **Dr. ZITOUNI Hind**, Maître de conférences à l'Université Frères Mentouri Constantine 1, pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour ses précieux conseils, sa gentillesse, sa patience et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

À notre président de jury **Dr. BATAICHE Insaf**, Maître de Conférences à l'Université Frères Mentouri Constantine 1. Permettez-nous de vous exprimer nos sincères Remerciements.

Un très grand merci à **Dr. OUIBRAHIM Amira**, Maître de conférences à l'Université Frères Mentouri Constantine1 ; pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce modeste travail.

Nous vous prions d'accepter l'expression de notre respect et notre sincère reconnaissance. Nos remerciements s'adressent également aux membres du service de bactériologie du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine, et en premier lieu :

**Dr. BECHLEM Nacer** de nous avoir accueillies au sein du laboratoire.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble du personnel du laboratoire qui nous a apporté son aide et son soutien, particulièrement, **BENDALI Maya**, **BENMAAMRI Amel**, **KISSAOUI Ilhem** et **BELBEKRI Wassila**.

Nos remerciements s'adressent également à tout le personnel des laboratoires pédagogiques, laboratoire de Microbiologie et Biologie végétale de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1, particulièrement **AIOUNE Hanane**, **DEKKICHE Besma** et **BOUATIA Linda**.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*Oumnía et Hadjer*

## *Dédicace*

*Après 17 ans d'études tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que :*

*Je dédie ce travail :*

*A Ma tendre Mère Noura : Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*A Mon très cher Père Sebeti : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation durant de ces années.*

*A mes chères sœurs Amira et Hala et mes très chères frères Moataz et Salah pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*A ma adorable nièce : Chaima*

*A mes copines Maroua Youssra Lamis et mon amie intime Abir, Je vous souhaite une merveilleuse vie.*

*A mes chères collègues Hadjer, Sara, Nor El Houda et Youssra je souhaite le meilleur, Une réussite sans cesse grandissante et un bonheur sincère.*

*Je remercie très singulièrement « Aya » et « Amina » (étudiantes de MHH) pendant les deux années pour leurs temps, leurs conseils et surtout leur soutien moral.*

*Oumnia*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A ma chère mère **Malika** :*

*Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Et Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mon cher père **Morad** :*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

*A mon cher grand-père **Selimane**,*

*A mes sœurs **Chahinez et Ghada**. Je prie Dieu de vous accorder de la santé, et surtout le succès dans ce qui est à venir.*

*A mes chères amies : **Nor El Houda, Amina, Oumnia, Meriem et Ikram** que dieu préserve notre amitié.*

*A mes chères cousines : **Alae, Oumnia, Wissal et Tawba***

*Hadjer*

---

# *Table des matières*

---

<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>I</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>I</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>I</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>

**Première Partie : Partie bibliographique**

**Chapitres 1 : Généralités sur les infections urinaires**

<b>1. Définition de l'infection urinaire .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Les différents types cliniques d'infections urinaires .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Cystite aiguë .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Cystite récidivante .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Prostatite .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Urétrite .....</b>	<b>4</b>
<b>2.5. Bactériurie asymptomatique .....</b>	<b>4</b>
<b>2.6. La pyélonéphrite .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Physiopathologie.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Origine de l'infection urinaire .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1. Les infections endogènes .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.2. Les infections exogènes .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. Les voies de contamination .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2.1. La voie ascendante (péri-urétrale) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2.2. La voie hématogène (descendante) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3. Les facteurs de risque de l'infection urinaire .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3.1. Facteurs liés à l'hôte .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3.2. Facteurs liés à la bactérie .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Les principales bactéries responsables d'infections urinaires .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. Les entérobactéries .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.1. <i>Escherichia coli</i> .....</b>	<b>6</b>

4.1.2.	<i>Entérobacter cloacae</i> .....	6
4.1.3.	<i>Klebsiella pneumoniae</i> .....	7
4.1.4.	<i>Proteus mirabilis</i> .....	7
4.2.	Les Cocci à Gram positif .....	7
4.2.1.	Streptocoque .....	7
4.2.2.	Staphylocoque .....	8
4.2.3.	Entérocoque .....	8
4.2.4.	<i>Pseudomonas sp.</i> .....	9
5.	Antibiothérapie .....	9
5.1.	Critères de choix des antibiotiques urinaires .....	9
5.2.	Traitement de la cystite .....	10
5.3.	Traitement des pyélonéphrites et prostatites .....	10
5.4.	Traitement d'urétrite .....	12
6.	L'antibiorésistance.....	12
6.1.	Définition .....	12
6.2.	Mode d'antibiorésistance .....	12
6.2.1.	Résistance naturelle .....	12
6.2.2.	Résistance Acquise .....	12
6.3.	Les principaux mécanismes de résistances aux antibiotiques .....	13
6.3.1.	Résistance par l'inactivation enzymatique .....	13
6.3.2.	Résistance par efflux actif .....	14
6.3.3.	Résistance par modification de la cible .....	14
6.3.4.	Résistance par l'imperméabilité .....	15
7.	Les stratégies thérapeutiques .....	16
7.1.	La phagothérapie .....	16
7.2.	La phytothérapie .....	16
<b>Chapitre 2 : Les plantes étudiées</b>		
1.	Persil <i>Petroselinum crispum</i> .....	17
1.1.	Origine et position systématique .....	17



1.2. Description botanique .....	17
1.3. Utilisation .....	18
2. Le Thym.....	18
2.1. Origine et position systématique .....	18
2.2. Description botanique .....	19
2.3. Utilisation .....	19
3. Cannelle de Chine.....	20
3.1. Origine et position systématique .....	20
3.2. Description botanique de la cannelle de Chine <i>C.cassia</i> .....	20
3.3. Utilisations .....	21
<b>Chapitres 3 : Les huiles essentielles</b>	
1. Définition de l'aromathérapie .....	22
2. Définition des huiles essentielles .....	22
3. Les activités biologiques des huiles essentielles .....	22
3.1. Activités antimicrobiennes .....	22
3.2. Activités anti-inflammatoires .....	23
3.3. Activités antioxydantes .....	23
4. Mode d'action des huiles essentielles .....	24
5. Techniques d'extraction des huiles essentielles .....	25
5.1. Extraction par hydrodistillation .....	25
5.2. Entraînement à la vapeur d'eau .....	25
5.3. Extraction assistée par micro-ondes .....	26
5.4. Distillation sèche .....	26
5.5. Hydrodiffusion .....	26
5.6. Expression à froid .....	27
5.7. Extraction par solvant .....	27
5.8. Extraction par un fluide en phase super critique .....	27

**Deuxième Partie : Matériel et méthodes**

1. Présentation de l'étude .....	28
1.1. Objectif .....	28
2. Population étudiée .....	28
2.1. Considérations éthiques .....	28
3. Fiche de renseignement .....	29
4. Prélèvement .....	29
4.1. Prélèvement direct (les personnes coopératives) .....	29
4.2. Prélèvement indirect (les personnes hospitalisées) .....	30
4.2.1. La sonde vésicale à demeure .....	30
5. Acheminement .....	31
6. Diagnostique de l'infection urinaire .....	31
6.1. Dépistage par bandelette urinaire .....	31
6.1.1. Principe .....	31
6.1.2. Procédure et paramètres mesurés .....	32
6.2. Examen cyto bactériologique des urines (ECBU) .....	32
6.2.1. Examen macroscopique .....	32
6.2.2. Examen microscopique .....	33
6.2.2.1. Examen cytologique .....	33
6.2.2.2. Examen bactériologique .....	33
6.3. Interprétation d'un ECBU .....	34
6.3.1. Leucocyturie .....	34
6.3.2. Bactériurie .....	34
6.4. Identification des souches bactériennes .....	35
6.4.1. Tests d'orientation .....	35
6.4.1.1. Coloration de Gram .....	36
6.4.1.2. Coloration au bleu de méthylène .....	36
6.4.1.3. Test d'oxydase .....	37
6.4.1.4. Test de catalase .....	37

6.4.1.5. Recherche de la coagulase .....	37
6.4.2. Identification par galerie classique .....	38
6.4.2.1. TSI (Triple-Sugar-Iron) .....	38
6.4.2.2. Mannitol mobilité .....	38
6.4.2.3. Citrate de Simmons .....	38
6.4.2.4. Urée-indole .....	39
7. L'antibiogramme .....	40
7.1. Principe .....	40
7.2. Technique .....	40
7.3. Résultats et interprétation .....	41
8. Huiles essentielles .....	42
8.1. Source du matériel végétal .....	42
8.2. Préparation des plantes .....	43
8.3. Méthodes d'extraction des huiles essentielles .....	43
8.3.1. Protocole expérimental.....	43
8.3.2. La conservation de l'huile essentielle .....	44
8.3.3. Rendement en huile essentielle .....	44
8.3.4. La densité absolue à 20°C d'une huile essentielle .....	45
9. Evaluation des activités antimicrobiennes des huiles essentielles étudiées .....	45
9.1. Souches microbiennes utilisées .....	45
9.2. Ré-isolément des souches bactériennes .....	45
9.3. Préparation de l'inoculum .....	45
9.4. Préparation des dilutions des huiles essentielles .....	45
9.5. L'aromatogramme .....	46
10. Etude rétrospective .....	48
10.1. Critères d'exclusion .....	48
10.2. Critères d'exclusion .....	48

## **Troisième Partie : Résultats et discussion**

### **I. Partie expérimentale**

1. L'examen cyto bactériologique des urines .....	49
1.1. Examen macroscopique des urines .....	49
1.2. Examen microscopique des urines .....	50
1.2.1. Examen cytologique .....	50
1.2.2. Examen bactériologique .....	52
2. Identification bactérienne .....	52
2.1. Identification morphologique des souches isolées .....	52
2.2. Tests d'orientation .....	54
2.2.1. Observation après coloration de Gram .....	54
2.2.2. Observation après coloration au bleu de méthylène .....	55
2.2.3. Test d'oxydase .....	55
2.2.4. Recherche de catalase .....	56
2.2.5. Recherche de la coagulase .....	56
2.3. Identification par galerie classique .....	57
3. Antibiogramme .....	60
3.1. Sensibilité aux antibiotiques .....	60
3.1.1. <i>Klebsiella sp.</i> .....	60
3.1.2. <i>Escherichia coli</i> .....	62
4. Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles vis-à-vis des bactéries uropathogène.....	63
4.1. Caractérisations des huiles essentielles .....	63
4.1.1. Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles .....	63
4.1.2. Rendement en HE .....	65
4.1.3. La densité absolue à 20°C .....	66
4.2. L'activité antibactérienne des huiles essentielles .....	67
4.2.1. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Thym .....	67
4.2.2. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Persil .....	69
4.2.3. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Cannelle .....	72
<b>II. Etude rétrospective .....</b>	<b>76</b>

<b>1. Fréquence des infections urinaires .....</b>	<b>76</b>
<b>1.1. Répartition des infections urinaires selon l'année .....</b>	<b>76</b>
<b>1.2. Répartition des infections urinaires selon les mois .....</b>	<b>77</b>
<b>1.3. Répartition des infections urinaires selon le sexe .....</b>	<b>79</b>
<b>1.4. Répartition des infections urinaires selon la tranche d'âge .....</b>	<b>80</b>
<b>1.5. Répartition des infections urinaires selon le germe .....</b>	<b>82</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>83</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>85</b>

**Annexes**

**Résumés**

**ADN** : Acide désoxyribo nucléique

**AFNOR** : Association française de normalisation

**AMO** : Amoxicilline

**ARN** : Acide ribonucléique

**ATB** : Antibiotique

**BM** : Bleu de méthylène

**BMR** : Bactéries multirésistantes

**CA-SFM** : Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie

**CHL** : Chloramphénicol

**CIP** : Ciprofloxacine

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**CN** : Gentamicine

**CR** : Cystite récidivante

**CST** : Colistine

**CZN** : Céfazoline

**DMSO** : Dimethyl sulfoxyde

**EBLSE** : Entérobactéries productrices Bêta-lactamases à spectre élargi

**ECBU** : Examen cytobactériologique des urines

**Erm** : Erythromycin ribosome methylases

**FF** : Fosfomycine

**FOX** : Céfoxitine

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène

**H<sub>2</sub>S** : Sulfure d'hydrogène

**HE** : Huile essentielle

**IM** : Intra musculaire

**INR** : International normalized ratio

**IU** : Infection urinaire

**IV** : Intraveineuse

**MDR** : multiple-drug-resistance

**MH** : Muller-Hinton

**MLS** : macrolides – lincosamides – synergistines

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**ONPG** : O-Nitrophenyl- $\beta$ -D-galactopyranoside

**pH** : Le potentiel hydrogène

**PLP** : Protéines de liaison aux pénicillines

**PO** : Par voie orale

**PRO** : Protéine

**RIF** : Rifampicine

**SAMRs** : *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline

**SDR** : specific-drug-resistance

**SFM** : La Société Française de Microbiologie

**SM** : Solution mère

**SXT** : Triméthoprime – sulfaméthoxazole

**TC** : Tronc commun

**TDA** : Tryptophane désaminase

**TIC** : Ticarcilline

**TROD** : Test rapide d'orientation diagnostique

**TSI** : Triple-sugar-iron

**UFC** : Unité formant colonie

**°C** : degré Celsius

**$\mu$ l** : microlitre

<b>Figure 01</b> : Les Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques .....	13
<b>Figure 02</b> : Aspect de la morphologie du persil .....	17
<b>Figure 03</b> : la plante du <i>Thymus vulgaris</i> .....	19
<b>Figure 04</b> : Ecorces de <i>Cinnamomum cassia</i> .....	21
<b>Figure 05</b> : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne.....	24
<b>Figure 06</b> : Schéma de l'hydrodistillation.....	25
<b>Figure 07</b> : Principe de l'appareillage d'extraction par entrainement à la vapeur d'eau.....	26
<b>Figure 08</b> : Les différents contenants d'urines.....	30
<b>Figure 09</b> : Matériel de sondage vésical .....	31
<b>Figure 10</b> : Frottis coloré par la technique de la coloration de Gram.....	36
<b>Figure 11</b> : Une galerie biochimique avant incubation .....	40
<b>Figure 12</b> : Antibiogramme d'une souche de <i>Klebsiella sp.</i> avant incubation .....	41
<b>Figure 13</b> : Lecture d'un antibiogramme .....	42
<b>Figure 14</b> : Matières végétales .....	43
<b>Figure 15</b> : Montage de l'hydrodistillation de type <i>Clevenger</i> .....	44
<b>Figure 16</b> : Préparation des différentes dilutions des huiles essentielles .....	46
<b>Figure 17</b> : Ensemencement par écouvillon .....	47
<b>Figure 18</b> : Dépôt des disques imbibés .....	48
<b>Figure 19</b> : Les différents aspects d'urine .....	49
<b>Figure 20</b> : Observation microscopique des leucocytes à l'état frais .....	50
<b>Figure 21</b> : Observation microscopique des cristaux d'oxalate de calcium .....	51
<b>Figure 22</b> : Observation microscopique des cristaux d'acide urique .....	51
<b>Figure 23</b> : Observation microscopique des Cellules épithéliales .....	52
<b>Figure 24</b> : Aspect des différentes colonies bactériennes .....	53
<b>Figure 25</b> : Les différents aspects des colonies bactériennes sur milieu Hektoen .....	54
<b>Figure 26</b> : Aspects des colonies de <i>Staphylococcus sp.</i> sur milieu Chapman .....	54
<b>Figure 27</b> : Observation microscopique des Cocci Gram positif en formes grappe de raisin ( <i>S.aureus</i> ).....	55
<b>Figure 28</b> : Observation microscopique d'une bactérie Gram négatif .....	55
<b>Figure 29</b> : Test d'oxydase négatif .....	56



<b>Figure 30</b> : Test d'oxydase positif .....	56
<b>Figure 31</b> : Test de catalase .....	56
<b>Figure 32</b> : Test de la coagulase .....	57
<b>Figure 33</b> : Galerie biochimique de la bactérie <i>Escherichia coli</i> .....	58
<b>Figure 34</b> : Galerie biochimique de la bactéries <i>Klebsiella sp.</i> .....	58
<b>Figure 35</b> : Galerie biochimique de la bactéries <i>Proteus sp.</i> .....	59
<b>Figure 36</b> : Sensibilité de <i>Klebsiella sp.</i> vis-à-vis des ATB (AMO, TIC, FF, FOX, CZN, CN, SXT, CIP, CST, CHL) .....	61
<b>Figure 37</b> : Sensibilité d' <i>E. coli.</i> vis-à-vis des ATB (AMO, CZN, TIC, FOX, FF, CIP, SXT, CN, CST, CHL) .....	62
<b>Figure 38</b> : Les huiles essentielles extraites .....	64
<b>Figure 39</b> : L'activité antibactérienne du Thym vis-à-vis des bactéries uropathogènes ...	68
<b>Figure 40</b> : L'activité antibactérienne du Persil vis-à-vis des bactéries uropathogènes ...	71
<b>Figure 41</b> : L'activité antibactérienne de la Cannelle vis-à-vis des bactéries uropathogènes .....	74
<b>Figure 42</b> : Pourcentage des infections urinaires selon l'année étudiée .....	76
<b>Figure 43</b> : Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2020 .....	77
<b>Figure 44</b> : Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2021 .....	78
<b>Figure 45</b> : Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2022 .....	79
<b>Figure 46</b> : Fréquence en pourcentage des ECBU positifs en fonction de la tranche d'âge	81
<b>Figure 47</b> : Répartition globale des germes responsables d'infections urinaires durant les années 2020/2021/2022 .....	82

<b>Tableau 01</b> : Traitement de la cystite .....	10
<b>Tableau 02</b> : Traitement des pyélonéphrites et prostatites .....	11
<b>Tableau 03</b> : Seuils de significativité de la bactériurie en fonction du groupe d'uropathogène .....	35
<b>Tableau 04</b> : Les caractères biochimiques pour l'identification des genres les plus fréquemment responsables de l'infection urinaire.....	57
<b>Tableau 05</b> : Les caractéristiques organoleptiques des HEs extraites .....	63
<b>Tableau 06</b> : Les caractéristiques des HEs étudiées selon les normes AFNOR .....	64
<b>Tableau 07</b> : Rendements en HEs obtenues .....	65
<b>Tableau 08</b> : Résultats de la densité absolue à 20°C .....	66
<b>Tableau 09</b> : Résultats de l'aromatogramme d'HE de thym .....	67
<b>Tableau 10</b> : Activité antibactérienne de <i>T. vulgaris</i> « Thym » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm) .....	67
<b>Tableau 11</b> : Résultats de l'aromatogramme de HE de Persil .....	69
<b>Tableau 12</b> : Activité antibactérienne de <i>Petroselinum crispum</i> « Persil » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm).....	70
<b>Tableau 13</b> : Résultats de l'aromatogramme de HE de Cannelle .....	72
<b>Tableau 14</b> : Activité antibactérienne de <i>Cinnamomum cassia</i> « Cannelle » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm).....	73
<b>Tableau 15</b> : Répartition des ECBU positifs selon le sexe .....	79
<b>Tableau 16</b> : Répartition des ECBU positifs selon l'âge .....	80

---

# *Introduction*

---

L'infection urinaire fait partie des infections les plus fréquemment rencontrées en milieu communautaire et en milieu hospitalier. Elle arrive au second rang derrière l'infection respiratoire. Chaque année, près de 250 millions de personnes dans le monde sont sujets à une infection urinaire (**Mach et al., 2020**).

Ces infections se produisent lorsque des bactéries uropathogènes se logent dans le tractus urinaire et le colonisent. L'étiologie bactérienne des infections des voies urinaires a été largement étudiée depuis de nombreuses années. *Escherichia coli* est la bactérie la plus incriminée puisqu'elle représente 70 à 95 %, suivi des autres entérobactéries (*Klebsiella* et *Proteus*, 10 à 25 %) et de *Staphylococcus saprophyticus* (**Garnotel et al., 2017**).

La thérapeutique des infections urinaires se base principalement sur l'usage des antibiotiques, qui dépendent des résultats de l'examen cytbactériologique des urines. Cependant, l'usage massif et parfois abusif des antibiotiques a contribué à l'émergence et à la dissémination des bactéries uropathogènes multi-résistantes (**El bouamri et al., 2014**).

Par son incidence, son polymorphisme clinique, sa gravité et la fréquence des anomalies urologiques sous-jacentes, ce type de pathologie est réellement un problème important (**Maleb et al., 2019**). Face à des cas de récurrence, et surtout des phénomènes de résistance bactérienne aux antibiotiques, les scientifiques se sont orientés vers la recherche d'autres alternatives comme prophylaxie ou comme traitement. De nouvelles voies, basées sur les propriétés des plantes médicinales de façon générale et des plantes aromatiques en particulier, sont très prometteuses. En effet, l'utilisation des actifs dérivant des plantes comme les huiles essentielles peuvent constituer un arsenal thérapeutique et une source d'agents antimicrobiens très efficaces.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, qui se base sur la détermination de la sensibilité des bactéries uropathogènes vis-à-vis de certaines huiles essentielles. La partie expérimentale relative à ce sujet de recherche a été effectuée au niveau du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine et deux laboratoires pédagogiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1.

Les principaux objectifs assignés à cette étude sont les suivants :

- Isolement et identification des bactéries responsables d'infections urinaires.
- Etude du profil d'antibiorésistance des souches bactériennes uropathogènes isolées.

- Extraction des huiles essentielles de trois plantes aromatiques locales.
- Détermination de l'effet antibactérien des huiles essentielles extraites sur les souches identifiées (aromatogramme) ;
- Etude rétrospective sur l'évolution de l'infection urinaire durant trois années (2020, 2021, 2022).

---

*Partie bibliographique*

---

## 1. Définition de l'infection urinaire

L'infection urinaire se définit par la présence d'un germe pathogène dans l'urine en présence de symptômes compatibles ; fièvre, pollakiurie, impériosité, brulure mictionnelle (**Pourcine, 2010 ; Schmiemann et al., 2010**).

Elle se caractérise par la prolifération de micro-organismes dans le système urinaire ce qui déclenche une réponse inflammatoire avec un afflux de leucocytes (**Beriche et Malki, 2019**). Cette pathologie survient principalement chez les femmes.

- Il existe cinq types d'infection urinaire :
  - La cystite
  - La pyélonéphrite
  - La prostatite
  - L'urétrite
  - Bactériurie asymptomatique

## 2. Les différents types cliniques d'infections urinaires

### 2.1. Cystite aiguë

Il s'agit d'une inflammation de la muqueuse vésicale, avec des symptômes comme : la pollakiurie, l'impériosité mictionnelle, une miction douloureuse, des brûlures mictionnelles (**Bruyère et al., 2008**).

Elle est généralement aiguë, mais peut parfois devenir chronique. Elle est très fréquente chez les femmes et dans la plupart des cas sans gravité. Elle est majoritairement causée par la bactérie *Escherichia Coli* (80% des cas), bien que d'autres bactéries ou micro-organismes peuvent être impliquées (**Daniel et al., 2003**).

### 2.2. Cystite récidivante

On parle de cystite récidivante (CR) lorsqu'une femme en présente plus de 4 par an. L'impact de cette pathologie sur la qualité de vie est souvent négligé par le corps médical (**Claire et al., 2013**).

### 2.3. Prostatite

La prostatite est une inflammation aiguë d'origine bactérienne de la glande prostatique. Elle associe un syndrome pseudo grippal (fièvre, frissons) à des troubles mictionnels irritatifs (pollakiurie, dysurie) (**Bruyère, 2010**).

## **2.4. Urétrite**

L'urétrite est une inflammation de l'urètre d'origine infectieuse, sexuellement transmise, elle concerne principalement l'homme, mais elle peut aussi affecter la femme. Les trois bactéries responsables sont le plus souvent : *Neisseria gonorrhoeae*, *Chlamydia trachomatis* et *Mycoplasma genitalium*. Elle se manifeste généralement par différents symptômes : un écoulement plus ou moins abondant, purulent, séreux, voire hémorragique ; associé à des brûlures ou douleurs mictionnelles, une dysurie et un prurit canalaire. Les symptômes évoqués étant non spécifiques, ils peuvent être isolés en l'absence d'écoulement et doivent faire alors discuter une infection urinaire ou une cause urologique (**Gerhardt et al., 2016**).

## **2.5. Bactériurie asymptomatique**

Elle est caractérisée par la multiplication des bactéries au sein de la vessie sans qu'aucune manifestation clinique ne soit présente (**Fourcade, 2006**). Elle est expliquée par la présence à deux reprises d'une bactériurie à plus  $\geq 10^5$  UFC/ml lors de deux prélèvements urinaires consécutifs à mi-jet. En l'absence d'une sonde urinaire un traitement antibiotique n'est pas recommandé. Cette règle s'applique aussi dans le cas de diabète sucré (**Emonet et al., 2011**).

## **2.6. La pyélonéphrite**

Une pyélonéphrite est une infection bactérienne du haut de l'appareil urinaire, bassinet (pyélite) et le parenchyme rénal (néphrite). C'est une infection plus grave des voies urinaires. Il peut s'agir d'une complication d'une cystite non traitée ou mal traitée dans laquelle il y'a la prolifération des bactéries de la vessie vers les reins (**Drai et al., 2012 ; Guy Albert, 2008**).

La symptomatologie d'une pyélonéphrite associe : une fièvre supérieure à 39°C, une douleur lombaire le plus souvent unilatérale parfois associées à des signes digestifs des douleurs abdominales, vomissements, diarrhées.

# **3. Physiopathologie**

## **3.1. Origine de l'infection urinaire**

### **3.1.1. Les infections endogènes**

L'auto-infection se produit lorsqu'un patient est infecté par ses propres germes, habituellement d'origine digestive, surtout en cas d'incontinence anale ou diarrhée (**Bruyère et al., 2008**).



### **3.1.2. Les infections exogènes**

Les infections d'origine exogène sont celles où le patient fait une infection à partir d'un germe qui lui a été transmis soit par manuportage, soit par du matériel ou des instruments mal désinfectés ou par l'environnement hospitalier (**Barbut, 2012**).

### **3.2. Les voies de contamination**

L'urine et l'arbre urinaire sont normalement stériles, et seul l'urètre distal est colonisé par la flore fécale, cutanée et génitale. La pénétration des microorganismes se fait essentiellement par voie ascendante et hématogène (descendante).

#### **3.2.1. La voie ascendante (péri-urétrale)**

Il s'agit du mode d'invasion le plus fréquent. Le microorganisme colonise successivement les régions périnéales, urétrales et arrive dans la vessie où en présence d'un reflux vésico-urétéral il envahit les voies urinaires supérieures.

Cette voie de colonisation est plus fréquente chez les femmes que les hommes pour des raisons anatomiques (**Ya bi, 2006**). Les cathétérismes instrumentaux et les sondes urinaires demeurent une cause d'infection urinaire iatrogène (**Zitti, 2014**).

#### **3.2.2. La voie hématogène (descendante)**

Elle fait suite à une septicémie surtout à staphylocoque et *Candida sp* dans le cas d'une pyélonéphrite (**Alechinsky-Yildiz et al., 2018**). L'hématurie n'est pas une maladie et peut avoir une cause bénigne, mais elle peut être le symptôme d'une affection plus grave (présence de tumeur).

### **3.3. Les facteurs de risque de l'infection urinaire**

#### **3.3.1. Facteurs liés à l'hôte**

Parmi les facteurs liés à l'hôte (**Djennane et al., 2019 ; Delhaye, 2021 ; Vorkafer, 2011**).

- L'âge avancé ;
- Sexe féminin, l'anatomie du petit bassin (la proximité de l'anus, du vagin et la brièveté de l'urètre) ;
- L'incapacité de vider la vessie ;
- Infections gynécologiques (vaginite et vulvo-vaginite) ;
- Manœuvre instrumentale (sonde à demeure ou transitoire en place)
- Une hygiène négligée ou excessive, rapports sexuels ;

- Boissons en quantité insuffisantes et mictions peu nombreuses ;
- Certaines situations ou maladies (grossesse, diabète, immunosuppression) ;
- Malformation congénitale des voies urinaires.

### 3.3.2. Facteurs liés à la bactérie

Les bactéries uropathogènes peuvent développer plusieurs mécanismes pour envahir le tractus urinaire. Ces mécanismes sont favorisés par la présence de facteurs d'adhésion et de virulence ainsi qu'un taux élevé d'inoculum bactérien. Ces facteurs sont considérés comme favorisant d'IU (Djennane *et al.*, 2019).

La bactérie *E. coli* possède des adhésines, capables de lier la bactérie à l'épithélium urinaire et d'empêcher son élimination par les vidanges vésicales (Sekhsokh *et al.*, 2019).

## 4. Les principales bactéries responsables d'infections urinaires

Les infections urinaires représentent un véritable problème de santé publique avec des conséquences plus ou moins graves, la majorité de ces infections sont dues à des entérobactéries.

### 4.1. Les entérobactéries

Les entérobactéries forment une vaste famille de bactéries qui ont une morphologie typique, sous forme de bacilles à Gram négatif de 2 à 3µm de long et 0,6µm de large. Ce sont des germes non sporulés, mobiles grâce à une ciliature péritriche et d'autres sont immobiles. L'aspect général des colonies de ces bactéries sur gélose ordinaire est florissant : ce sont des colonies de 1 à 3mm de diamètre, bombées, lisses et brillantes, possèdent une catalase positive, et oxydases négative. Les germes de cette famille sont aéro-anaérobies facultatifs, capables de réduire les nitrates en nitrites, de fermenter le glucose avec ou sans production de gaz.

#### 4.1.1. *Escherichia coli*

*E.coli* représente l'agent responsable de la majorité des cas d'infection urinaire spontanée (Souilah et Mousaoui, 2017). Ce sont des anaérobies facultatifs, immobiles ou mobiles avec une structure flagellaire péritriche, capables de fermenter le lactose et de produire l'indole. Ce sont des commensaux de la microflore digestive de l'homme (Baliere, 2016 ; Diallo, 2013).

#### 4.1.2. *Entérobacter cloacae*

C'est un germe qui colonise souvent les patients hospitalisés et traités par des antibiotiques, Certaines souches du genre *Enterobacter* peuvent être responsables d'infections

urinaires, et d'infections cutanées (Mirabaud, 2003), Il s'agit d'un bacille à coloration de Gram négatif, chimio-hétérotrophe. Ce sont des anaérobies facultatifs, leur diamètre 0,6 à 1 µm avec une longueur de 1,2 à 3 µm. Ils sont mobiles, capables de fermenter ou non le lactose (Lagha, 2015).

#### 4.1.3. *Klebsiella pneumoniae*

Bacilles Enterobacteriaceae à gram négatif, immobiles et capsulées, non sporulés, anaérobies facultatifs. Ces bactéries fermentent de nombreux substrats glucidiques avec production de gaz. Elles représentent 5 % des infections urinaires. (El Fertas Aissani, 2012).

Il s'agit des bactéries qui utilisent le citrate de Simmons, produisant une uréase (uréase moins active que celle des Proteus) et fermentant l'acétoïne (Diallo, 2013).

#### 4.1.4. *Proteus mirabilis*

Sont largement répandues dans l'environnement, notamment l'eau, le sol et les eaux usées. Le principal réservoir de ces bactéries est l'homme (Schultz-Ascensio, 2018). Les *P. mirabilis* fréquemment retrouvées sur des cathéters contaminés et sur des sondes urinaires (Kim et al., 2003). Les *P. mirabilis* sont aérobies et anaérobies facultatifs, fermentent le glucose, a une catalase positive et oxydase négative. Elles ne produisent pas de l'indole mais produisent de l'H<sub>2</sub>S, fermentent le xylose mais pas le lactose, possèdent une nitrate réductase, une uréase et une lysine décarboxylase (Prescott et al., 2003).

Ce germe est à l'origine de 1 à 10 % des infections urinaires chez l'être humain (Hamaras et Azerine, 2015). Les bacilles sont habituellement observés dans les voies urinaires hautes (siège fréquent de l'infection) et peuvent entraîner des urolithiases (formation de pierres dans le rein ou la vessie) (Abbott, 2007).

## 4.2. Les Cocci à Gram positif

Les infections urinaires à Cocci à Gram positif sont moins fréquentes (Zitti, 2014).

### 4.2.1. Le Streptocoque

Les streptocoques sont des Cocci à Gram positif disposés en diplocoque ou en chaînettes immobiles, catalase-négative, non sporulés. La plupart des streptocoques sont des anaérobies facultatifs et certains sont des anaérobies stricts qui préfèrent les milieux enrichis pour leur culture (Patterson, 1996).

Parmi les streptocoques, les espèces pathogènes responsables d'infections aiguës, sont *S. pyogenes* (bêta hémolytiques groupe A), *S. agalactiae* (bêta hémolytiques groupe B) et *S.pneumoniae* (Anonyme 01).

Dans les infections urinaires, on peut rencontrer : le Streptocoque bêta-hémolytique du groupe B, les Streptocoques D et les Streptocoques non groupable (**Toutou Sissoko, 2006**).

#### **4.2.2. Staphylocoque**

Staphylocoques ce sont des coques à Gram positif qui se présentent en petits amas, en diplocoques, en tétrade ou en très courtes chaînettes de 0,8 à 1 micromètre, immobiles, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, poussent facultativement sur milieu ordinaire. La température optimale de croissance est de 37 °C (**Nouhoum, 2007**).

Ces germes sont retrouvés dans la flore cutanée et muqueuse. Elles sont responsables de diverses pathologies communautaires et d'infections nosocomiales.

*S. saprophyticus* une des principales causes d'infections urinaires est retrouvée dans moins de 4% des cas (variable selon les pays). L'espèce est responsable de cystites chez la femme jeune avec nitrites négatives au test par les bandelettes urinaires (**Gazzah, 2018**).

On distingue deux grandes catégories de staphylocoques :

Les staphylocoques coagulase positive possèdent une enzyme (une coagulase) utilisée pour identifier *S. aureus* qui considérés comme une espèce dangereuse pour la santé humaine. Les staphylocoques coagulase négative : *Staphylococcus epidermidis* sont généralement bénins pour la santé humaine (**Anonyme 02**).

#### **4.2.3. Entérocoque**

Ce sont des Enterococcaceae, les espèces les plus répandues sont *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* Cette dernière est la plus fréquemment retrouvée en clinique humaine. Ces commensaux du tube digestif font partie de la flore intestinale normale chez l'homme et peuvent parfois également coloniser les voies urinaires provoquant différents contextes cliniques allant à la bactériurie asymptomatique. Des études épidémiologiques récentes ont détecté que ces espèces sont la deuxième cause d'IU compliquée (7 à 25 %) du nombre total de cas d'IU (**Alvarez-Artero et al., 2020**).

Ce pathogène responsable d'infections nosocomiales avec des isolats de plus en plus courants qui sont résistants à plusieurs antibiotiques. L'infection des voies urinaires constitue le type de maladie le plus courant produit par *Entérocoque spp* (**Barros et al., 2009**).

### 4.3. *Pseudomonas sp.*

Ce pathogène opportuniste est un bacille à Gram négatif, mobile grâce à la présence de flagelles, donne des colonies rugueuses et petites, produit deux types de pigments, la pyoverdine est de nature fluorescente, tandis que la pyocyanine est un pigment de couleur bleue qui est spécifique à *P. aeruginosa*. Cette dernière se retrouve de façon ubiquitaire, elle est capable d'infecter un large spectre d'hôtes, dont l'homme (**Panda et al., 2022**).

*P. aeruginosa* qui sont isolées lors des infections urinaires sont appelées souches uropathogéniques, elles expriment plus ou moins certains facteurs de virulence. L'espèce la plus fréquemment retrouvée dans les infections urinaires liées au cathétérisme à l'hôpital, elle est identifiée dans 6,9 % des infections urinaires nosocomiales (**Biquand, 2017**).

## 5. Antibiothérapie

### 5.1. Critères de choix des antibiotiques urinaires

Le traitement d'une infection urinaire doit rapidement supprimer les symptômes aigus, prévenir les complications et guérir l'infection sans sélectionner de germes multirésistants. Il doit également éviter l'apparition de récurrences et avoir un coût raisonnable.

Les antibiotiques utilisés pour traiter une infection urinaire doivent avoir certaines caractéristiques telles qu'un large spectre antibactérien, être bactéricides et bactériostatiques, une forte concentration urinaire, un nombre de prises quotidiennes réduit, une bonne tolérance, une faible toxicité et un faible coût (**Duhamel, 2013**).

À ces propriétés générales s'ajoutent des considérations de voie d'administration (orale ou parentérale), tolérance et prix. L'antibiothérapie peut commencer immédiatement après l'ECBU sans attendre les résultats ; Cependant, cela peut signifier changer la prescription originale.

Le traitement doit être poursuivi jusqu'à la fin sans interruption si les signes de fonction disparaissent complètement. Un contrôle à travers un ECBU de préférence une semaine après l'arrêt du médicament doit être fait (**Ya bi, 2006**).

## 5.2. Traitement de la cystite

Tableau 01 : Traitement de la cystite (Saadoun, 2020 ; Vorkauer, 2015).

Infection urinaire	1ère intention	2ème intention
Cystite aiguë simple / Cystite récidivante	✓ Fosfomycine- Trométamol	✓ Pivmécillinam ✓ Nitrofurantoïne 100mg pendant 5 jours ✓ Fluoroquinolones
Cystite compliquée	✓ Nitrofurantoïne 100 mg pendant 7 jours  Ou  ✓ Bêtalactamine (amoxicilline + acide clavulanique)	✓ Céfixime  Ou  ✓ Fluoroquinolone  Après obtention de l'antibiogramme (24 ou 48) : on adapte le traitement à l'antibiogramme  ✓ Amoxicilline, ou amoxicilline-acide clavulanique pendant 7 jours  Ou  ✓ Triméthoprim (TMP) (Bactrim ) pendant 5 jours.

## 5.3. Traitement des pyélonéphrites et prostatites

L'infection haute doit être traitée immédiatement et efficacement par un antibiotique à large spectre. La rapidité du traitement diminue considérablement le risque d'atteinte parenchymateuse permanente. Chez l'enfant, le traitement peut être administré par voie orale. En cas de nausées et/ou vomissements, de confusion, de doute sur la complaisance, d'âge avancé (>60 ans) ou de signes de gravité clinique (signes de sepsis, lithiases connues, d'anomalies connues des voies excrétrices, de diabète décompensé...) une hospitalisation doit

être organisée, et un traitement doit être initié. Un contrôle à 48h reste impératif pour les autres situations (Iacobelli *et al.*, 2009 ; François *et al.*, 2013).

**Tableau 02 :** Traitement des pyélonéphrites et prostatites (Caron *et al.*, 2015 ; Vorkauer, 2011).

Infection urinaire	Traitement antibiotique probabiliste	Traitement de relais après antibiogramme
<b>Pyélonéphrite</b>	<p><b>Une Céphalosporine 3 génération par voie injectable</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Céfotaxime ou ceftriaxone par voie IV IM</li> </ul> <p>Ou</p> <p><b>Une Fluoroquinolone orale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ciprofloxacine,</li> <li>✓ Lévofloxacine,</li> <li>✓ Ofloxacine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Amoxicilline + acide clavulanique, 1 g (PO) x 3/jour</li> </ul> <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Céfixime, 200 mg (PO) x 2/jour</li> </ul> <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fluoroquinolone</li> </ul> <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sulfaméthoxazole – triméthoprime.</li> </ul> <p>Durée totale de traitement : 10-14 jours</p>
<b>Prostatite</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fluoroquinolone (ciprofloxacine ou lévofloxacine ou ofloxacine),</li> </ul> <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sulfaméthoxazole-triméthoprime.</li> </ul>

PO = Par voie orale

IM = Intra musculaire

IV = Intra veineuse

#### **5.4. Traitement d'urétrite**

Les infections génitales basses doivent être dépistées et traitées afin de diminuer l'incidence des complications. Traiter les patients infectés diminue le risque de transmission au partenaire (**Dupin et al., 2006**). Le traitement doit être administré dans tous les cas ; en cas d'écoulement urétral, si le pathogène est *N. gonorrhœæ* il est recommandé de traiter par une ceftriaxone associée avec anti-Chlamydia systématique ; en l'absence d'écoulement le traitement anti-chlamydien seul (**Gerhardt et al., 2016**).

### **6. L'antibiorésistance**

#### **6.1. Définition**

Une souche bactérienne est considérée comme résistante à un antibiotique quand la concentration de cet antibiotique au site de l'infection n'est pas suffisamment élevée pour inhiber ou tuer cette bactérie (**Lagha, 2015**).

#### **6.2. Mode d'antibiorésistance**

La résistance aux antibiotiques des bactéries constitue aujourd'hui l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale (**Mondiale de la santé, 2019**).

La résistance bactérienne aux antibiotiques peut être présente sous deux formes : naturelle ou acquise (**Benouar, 2018**).

##### **6.2.1. Résistance naturelle**

La résistance naturelle (résistance intrinsèque) est une caractéristique propre d'une espèce bactérienne qui touche toutes les souches, portée par un chromosome, elle est stable, et transmise verticalement à la descendance. Elle constitue un caractère d'identification des bactéries et détermine le phénotype « sauvage » des bactéries (**Chekroud et Fathi, 2017 ; Messai, 2006**).

##### **6.2.2. Résistance Acquise**

La résistance acquise (résistance extrinsèque) est un caractère qui ne concerne que quelques souches d'une espèce donnée. Elle est moins stable, mais elle se propage de façon importante dans le monde bactérien. (**Yala et al., 2001**). Cette résistance est transmissible à la descendance (verticale) ou à d'autres bactéries de la même espèce ou d'espèces différentes (transmission horizontale). Elle détermine le phénotype de la résistance des bactéries et



constitue un caractère épidémiologique. Elle s'acquière soit par mutation chromosomique, soit par l'acquisition des nouveaux gènes capables de rendre la bactérie insensible à un antibiotique ou à un groupe d'antibiotiques (Ait Miloud, 2011).

### 6.3. Les principaux mécanismes de résistances aux antibiotiques

Pour lutter contre l'action des antibiotiques, les bactéries ont élaboré plusieurs stratégies. Certaines ciblent directement les antibiotiques tandis que d'autres sont dirigées contre les mécanismes cellulaires, impliqués dans le transport de ces substances (Figure 01) (Guinoiseau, 2010).

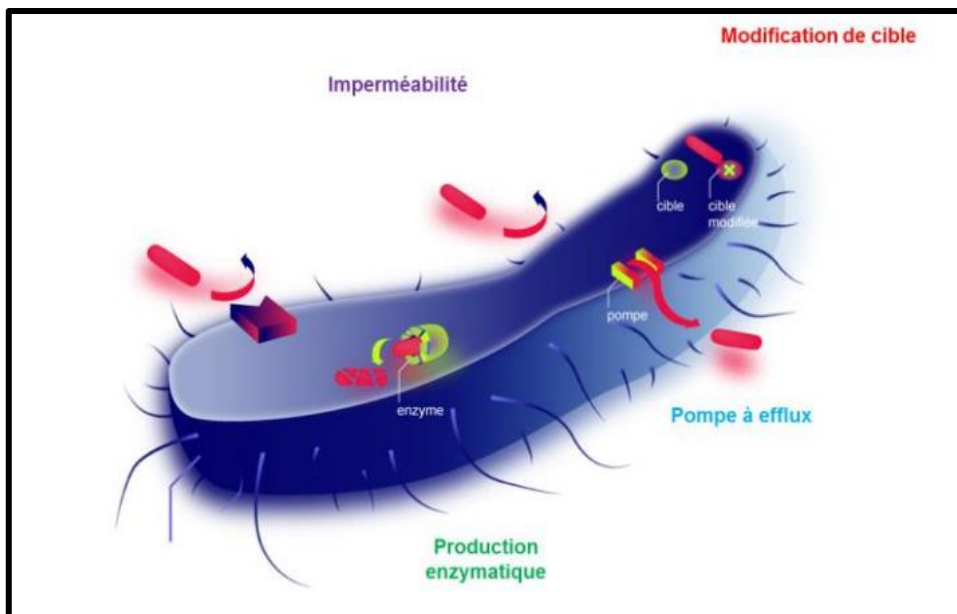


Figure 01 : Principaux mécanismes de résistance aux antibiotiques (Anonyme 03)

#### 6.3.1. Résistance par l'inactivation enzymatique

Les bactéries produisent des enzymes capables de détruire ou inactiver les antibiotiques. Les réactions enzymatiques, conduisant à l'inactivation des antibiotiques, peuvent s'effectuer par hydrolyse, transfert de groupements chimiques (acétylation, phosphorylation, glycosylation, nucléotidylation ou ribosylation). Ce mécanisme de résistance est le plus répandu pour les principales familles d'antibiotiques bêta-lactames, des aminoglycosides et les macrolides.

De nombreux antibiotiques possèdent, dans leur structure, des liaisons chimiques sensibles à l'hydrolyse. L'enzyme  $\beta$ -lactamase peut cliver ces liaisons en modifiant le noyau actif de l'antibiotique bêta-lactamines, afin d'empêcher la fixation de l'antimicrobien sur sa cible, donnant lieu à la formation de nouvelles molécules dépourvues d'activité antibactérienne.

Les gènes codant pour ces enzymes sont généralement associés à des éléments génétiques mobiles du génome qui ont été transférés à partir des plasmides et les transposons (**Guinoiseau, 2010 ; Nikaido, 2009**).

### 6.3.2. Résistance par efflux actif

L'efflux actif est un mécanisme nécessitant de l'énergie et est médié par des protéines transmembranaires connues sous le terme de pompes à efflux ou transporteurs actifs. Ces pompes à efflux ont une large spécificité de substrats et seules certaines d'entre elles confèrent une résistance aux antibiotiques. La résistance provient de la réduction de la concentration en antimicrobien dans le cytoplasme de la bactérie, ce qui prévient et limite l'accès de l'antibiotique à sa cible. Les pompes à efflux sont classées sur la base notamment de leur spécificité de substrats et de la source d'énergie employée. Certains de ces transporteurs sont très spécifiques et on les appelle pompes SDR (specific-drug-resistance), alors que d'autres agissent sur une multitude de molécules et on les nomme pompes MDR (multiple-drug-resistance) (**Muylaert et Mainil, 2013**).

Les pompes MDR les plus fréquemment rencontrées sont les pompes AcrB chez *E. coli* ou MexB chez *P. aeruginosa*. Chez *S. aureus*, la pompe NorA est responsable de la résistance aux fluoroquinolones. Les gènes, codant pour les pompes « drogue-spécifiques », sont souvent situés sur des éléments génétiques mobiles (plasmides ou transposons) alors que ceux qui codent pour les pompes MDR sont, pour la plupart, chromosomiques (**Guinoiseau, 2010**).

### 6.3.3. Résistance par modification de la cible

Mécanisme fréquemment lié à des changements au niveau des cibles bactériennes des antibiotiques. Ce mécanisme de résistance décrit est pour presque tous les antibiotique (**Demoré et al., 2018**)

- **Modification de peptidoglycane**

Le peptidoglycane est un composant essentiel de la paroi bactérienne. La biosynthèse du peptidoglycane est assurée par une transpeptidase. L'acquisition d'une transpeptidase modifiée confère la résistance à la méthicilline et aux autres  $\beta$ -lactames, à de nombreuses bactéries, incluant les SARMs (**Guinoiseau, 2010**).

- **Modification d'ADN gyrase**

Parmi les enzymes impliquées dans la réplication, l'ADN gyrase est respectivement prise pour cible par les fluoroquinolones qui inhibent la croissance bactérienne en arrêtant la réplication de l'ADN. Des mutations au niveau des gènes codant pour cette enzyme sont impliquées essentiellement dans ce mécanisme : l'altération des sous-unités A ou B de la gyrase par introduction d'une mutation au sein des gènes *gyrA* ou *gyrB* (**Quincampoix et Mainardi, 2001**).

- **Altération des protéines de liaison**

La modification des protéines de liaison aux pénicillines (PLP) pour les  $\beta$ -lactamines soit par mutations successives ou acquisition d'une nouvelle PLP, entraînant une diminution de l'affinité de l'antibiotique pour sa cible, ce système étant marginal chez les bacilles à Gram négatif (**Baquer et al., 2021**).

- **Altération des sites de liaison ribosomaux**

L'altération intracellulaire de la sous-unité ribosomale ciblée dans la bactérie peut atténuer les effets antibactériens de certains antibiotiques ce qui empêche la fixation de ces derniers au site ribosomal par exemple, les Erm (*Erythromycin ribosome methylases*) sont responsables de la résistance aux MLS ; la méthylation de certains résidus adénine de l'ARN 23S empêche ces antibiotiques de se positionner correctement dans le domaine peptidyltransférase. Ces méthylases sont codées par des gènes souvent mobiles, dont l'expression peut être induite à différents niveaux par les MLS, ou rendue constitutive par des mutations en amont de leur séquence (**Demoré et al., 2018**).

#### **6.3.4. Résistance par l'imperméabilité**

La structure des bactéries didermes, qui comprend une membrane externe, impose aux antibiotiques une diffusion passive pour les molécules hydrophobes ou un passage par des complexes protéiques transmembranaires pour accéder à l'espace périplasmique. Les porines sont responsables de la perméabilité de la membrane externe et peuvent être responsables de résistances aux antibiotiques. L'imperméabilité résulte d'une diminution d'expression ou de mutations des porines, ce qui rend difficile le passage de certaines molécules dans le canal formé (**Baquer et al., 2021**).

## 7. Les stratégies thérapeutiques

L'émergence des bactéries multirésistantes (BMR), et notamment d'EBLSE, a entraîné la révision des stratégies thérapeutiques dans les infections urinaires.

### 7.1. La phagothérapie

De nombreuses études ont démontré l'efficacité de la phagothérapie dans le traitement ciblé ou la prévention des infections causées par les bactéries Gram positives et Gram négatives. Ce type de thérapie n'affecte pas les bactéries de la flore commensale, contrairement aux traitements antibiotiques qui éliminent, indifféremment les bactéries pathogènes et non pathogènes (**Guinoiseau, 2010**). En 2011, face à l'augmentation des infections nosocomiales et de la résistance des microorganismes aux antibiotiques habituels, et la carence en nouvelles molécules thérapeutiques, des essais cliniques ont montré que les bactériophages peuvent traiter les infections urinaires. Des phages en synergie avec des antibiotiques préviendraient la colonisation des cathéters par *P. aeruginosa* et réduiraient significativement le biofilm formé par une souche pathogène (**Dublanchet et Patey, 2011 ; Dublanchet, 2014**).

### 7.2. La phytothérapie

Occupe une place non négligeable parmi les stratégies thérapeutiques dont dispose le pharmacien d'officine des plantes antiseptiques urinaires, anti-inflammatoires mais aussi diurétiques dont les vertus sont mises à profit, seules ou en association, tant en curatif qu'en préventif. Parmi les plantes utilisées pour traiter le tropisme urinaire nous citons : le persil, le pissenlit, la verge d'or, la bruyère, la busserole, la piloselle, l'armoise et la canneberge.

Les baies de canneberge (*Vaccinium macrocarpon*) sont utilisées sous forme fraîche ou séchée, mais aussi sous celle de jus de fruits frais ou déshydraté. En France, la canneberge (Cys-control®, Gyndelta®, Urell®...) est indiquée dans la prévention des infections urinaires à *E. coli* en raison de la présence de pro-anthocyanidines de type A. Une dose journalière de 36 mg de pro-anthocyanidines de type A (tanins condensés) est nécessaire pour observer un effet antiseptique urinaire. Bien que la canneberge n'entraîne aucun effet indésirable grave, il convient d'éviter son association avec la warfarine en raison d'un risque d'augmentation de l'International normalized ratio (INR), donc du risque hémorragique (**Mach et al., 2020 ; Clere et al., 2017**).

## **1. Persil *Petroselinum crispum***

### **1.1. Origine et position systématique**

Plante spontanée dans l'Asie du sud-ouest, l'Afrique du Nord et en Macaronésie, elle est largement cultivée dans plusieurs régions du monde (**Anonyme 04**).

La classification de la plante se présente comme suit :

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Rosidae

**Ordre :** Apiales

**Famille :** Apiaceae

**Genre :** *Petroselinum*

**Espèce :** *Petroselinum crispum*

### **1.2. Description botanique**

Le persil est une plante ombellifère bisannuelle de 25 à 80 cm de haut, très aromatique, à odeur caractéristique. Les tiges sont striées, les feuilles sont glabres. Les feuilles en vert luisant, sont doublement divisées, surtout celles de la base, les feuilles supérieures ayant souvent seulement trois lobes étroits et allongés. Les fleurs, d'une couleur jaune verdâtre tirant sur le blanc en pleine floraison, sont groupées en ombelles composées de huit à vingt rayons. Les ombellules sont munies d'un involucelle à nombreuses bractées. La racine allongée de type pivotant est assez développée. Elle est jaunâtre, d'odeur forte et aromatique (**Bruneton,2009**).



**Figure 02 :** Aspect de la morphologie du persil (**Anonyme 05**)

### 1.3. Utilisation

- Le persil est une plante potagère et médicinale. Les feuilles fraîches du persil sont riches en vitamines et en minéraux.
- Leur pouvoir antioxydant en fait un excellent assaisonnement santé, luttant contre l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement des cellules.
- Le persil est reconnu pour ses vertus diurétiques. Il est alors particulièrement efficace en décoction (50 g de feuilles de persil par litre d'eau) à boire au fil de la journée.
- Le persil offre une action bénéfique sur le foie, la rate, les intestins et l'ensemble du système digestif.
- Il soulage les troubles intestinaux (ballonnements, constipation, indigestions), calme les coliques néphrétiques et lutte contre les infections urinaires.
- Prévention des maladies chroniques et saisonnières des voies respiratoires : toux, asthme, bronchites (Anonyme 06).

## 2. Le Thym

### 2.1. Origine et position systématique

Le thym est réparti entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. Il est très répandu dans le nord-ouest africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. Il se trouve également en région Macaronésienne et en Himalaya. Il peut même atteindre les limites de la région tropicale et du Japon. Dans le nord, il pousse en Sibérie, en Europe nordique jusqu'aux bords du Groenland.

La région de l'ouest méditerranéen est considérée comme étant le centre de l'origine du genre *Thymus* ; l'espèce *T. vulgaris* provient particulièrement du sud de l'Europe, de l'Espagne à l'Italie (Morales, 1997 ; Peter, 2004). Le thym est maintenant très cultivé au Portugal, France, Allemagne, Espagne, Italie, Algérie, Maroc, Tunisie, Egypte, Turquie, Chine, Russie, Angleterre et les Etats-Unis d'Amérique (Wilson, 2002 ; Raghavan, 2006).

La position systématique de *Thymus vulgaris* se présente comme suit :

**Règne :** Plantae

**Embranchement :** Magnoliophyta

**Sous Embranchement :** Magnoliophytina

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Asteridae

**Ordre :** Lamiales Tubiflorales

**Famille :** Lamiaceae

**Genre :** *Thymus*

**Espèce :** *Thymus vulgaris*

(Goetz *et al.*, 2012)

## 2.2. Description botanique

Les thyms (*Thymus*) sont des plantes basses sous-ligneuses, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Elles possèdent de petites feuilles recourbées sur les bords de couleur vert foncé, et qui sont recouvertes de poils et de glandes (appelés trichomes). Les trichomes contiennent l'huile essentielle dont le monoterpène est le composant principal. Les calices et les jeunes tiges sont aussi couverts de ces structures qui libèrent l'essence par simple contact, bien qu'en plus faible densité sur les tiges. Ses petites fleurs zygomorphes sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet en passant par le rose (**Figure 03**) (Soto-Mendivil *et al.*, 2006).



**Figure 03 :** *Thymus vulgaris* (Prasanth Reddy *et al.*, 2014)

## 2.3. Utilisation

Le thym est souvent utilisé comme antiseptique, et comme désinfectant dermique et c'est un spasmolytique bronchique qui est indiqué pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures.

Les principaux constituants du thym montrent également des propriétés vermifuges et vermicide et des propriétés antivirales, antifongique, anti inflammatoire, et antibactériennes (Juminer *et al.*, 2006). Le composant principal de l'huile essentielle de thym, le thymol, est actif contre les bactéries à Gram positif et négatif. Il est utilisé pour traiter les infections intestinales (parasitose, gastro-entérite...), urinaires et gynécologiques en cas de cystites et urétrite (Martins, 2020).

### 3. Cannelle de Chine

#### 3.1. Origine et position systématique

Le cannellier est un arbre de la famille des Lauracées qui pousse dans des régions tropicales. Le nom de genre du cannellier est *Cinnamomum*. Il existe de nombreuses espèces en fonction de leur provenance : cependant la véritable cannelle est la cannelle de Ceylan ou *Cinnamomum zeylanicum* Blume. Elle est produite à partir de l'écorce intérieure du cannellier. L'espèce *C. verum* Nees est produite au Sri Lanka.

La casse ou cannelle de Chine, *Cinnamomum cassia* Nees ou *C. aromaticum* Nees est une espèce voisine qui possède pratiquement les mêmes propriétés thérapeutiques et qui fournit une cannelle de qualité inférieure (**Barbier, 2014 ; Edet, 2004**).

Selon (**Barbier, 2014**) la classification de la plante se présente comme suit :

**Règne :** Plantae

**Embranchement :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Magnoliidae

**Ordre :** Laurales

**Famille :** Lauraceae

**Genre :** *Cinnamomum*

#### 3.2. Description botanique de la cannelle de Chine *C.cassia*

La « Casse » est un arbre à feuilles persistantes, ovales avec des lames de 5 à 9 cm de long. Le fruit a la taille d'une petite olive. Les arbres arrivent à maturité au bout de 10 à 12 ans, mais continuent tout de même à croître et à faire de nouvelles pousses. Les bâtonnets de *Cinnamomum cassia* sont facilement différenciables par rapport à ceux de *Cinnamomum zeylanicum* car ils sont plus fins, l'écorce est plus foncée et plus terne. D'un point de vue d'un goût, les bâtonnets de la Cannelle de Chine (**Figure 04**) sont plus piquants, moins sucrés et légèrement plus amères que ceux de l'Arbre à cannelle (**Edet, 2004**).





**Figure 04 :** Ecorces de *Cinnamomum cassia* (Anonyme 07)

### 3.3. Utilisations

La cannelle de Chine est une des plantes majeures de la médecine traditionnelle chinoise. On peut extraire de l'écorce une huile essentielle puissante étant antiseptique majeur, antibactérienne qui possède une très forte concentration en aldéhyde cinnamique (jusqu'à 80%). Ce composé est très actif contre de nombreuses bactéries Gram positives et Gram négatives (*Staphylococcus sp*, *Micrococcus sp*, *Bacillus sp*, *Enterobacter sp*).

Elle s'avère très efficace en cas d'une infection urinaire, soulage les troubles digestifs et elle est idéale pour soigner tous les maux de l'hiver : toux, grippe et autres virus. En effet, de par ses propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes, elle renforce le système immunitaire.

La plante peut favoriser l'arrivée des règles. Elle est utilisée comme contractif après l'accouchement.

L'utilisation de la Cannelle de Chine ne se limite pas au domaine médical mais intéresse aussi l'art culinaire : on utilise l'huile et l'écorce également en cuisine pour parfumer et relever les plats. Utilisée comme épice et agent aromatisant, la cannelle de Chine est également ajoutée aux gommes à mâcher en raison de ses effets rafraîchissants de la bouche (Berthélémy, 2014 ; Guinoiseau, 2010 ; Rao et Gan, 2014).

## **1. Définition de l'aromathérapie**

Le terme "aromathérapie" vient du latin aroma (odeur agréable de certaines essences naturelles de végétaux, d'essences chimiques ou d'acides volatils) et du grec therapeia (soin, cure). Peut se définir comme une thérapeutique naturelle utilisant les huiles essentielles végétales par voie interne ou externe pour soigner ou prévenir les maladies ; elle s'intègre dans le cadre de la phytothérapie (**Couic-Marinier, 2018**).

## **2. Définition des huiles essentielles**

Les huiles essentielles (ou parfois essence végétale) sont des mélanges complexes de substances organiques volatiles odorantes, huileuse extraites à partir des diverses parties des végétaux : fleurs, racines, feuilles, tiges, écorces ou graines Elle ne contient ni protéines, ni lipides, ni glucides, ne renferme pas de minéraux ni de vitamines (**Couic-marinier et Lobstein, 2013 ; Lardry et Haberkorn, 2007**).

Selon la Commission de la Pharmacopée Européenne 2008 « une huile essentielle est obtenue soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition».

La composition chimique d'une huile essentielle est très complexe et soumise à de très nombreuses variables elles sont un mélange de terpènes : monoterpènes et sesquiterpènes, des composés phénoliques, d'alcools, d'aldéhydes, de cétones, d'oxyde et d'esters confèrent aux huiles essentielles leurs propriétés antibactériennes (**Couic-marinier et Lobstein, 2013**).

## **3. Les activités biologiques des huiles essentielles**

Le rôle physiologique des huiles essentielles pour le règne végétal est encore inconnu. Cependant, la diversité moléculaire des constituants qu'elles contiennent, leur confère des rôles et des propriétés biologiques très variés : anti-infectieuses, anti-inflammatoire, antitumorales, antihistaminique, immunorégulatrice, insectifuge, insecticide et autre (**Deschepper, 2017**).

### **3.1. Activités antimicrobienne**

La première mise en évidence de l'action des huiles essentielles contre les bactéries a été réalisée en 1881 par Delacroix. Depuis, de nombreuses huiles ont été définies comme antibactériennes (**Burt, 2004**). Leur spectre d'action est très étendu, car elles agissent contre

un large éventail de bactéries, y compris celles qui développent des résistances aux antibiotiques. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (**Kalembe et Kunicka, 2003**). Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries Gram positives que sur les bactéries Gram négatives. Les extrémités lipophiles de l'acide lipotéichoïque dans la paroi cellulaire Gram-positive facilitent la pénétration des composés hydrophobes tels que les huiles essentielles dans ces bactéries. Cependant, les bactéries à Gram négatif présentent une résistance plus élevée à l'action des huiles essentielles, associée à la présence de la membrane externe (**Martins, 2020**). Il existe cependant quelques exceptions. Les bactéries Gram négatives *Aeromonas hydrophila* et *Campylobacter jejuni* ont été décrites comme particulièrement sensibles à l'action des huiles essentielles. La bactérie reconnue comme la moins sensible à leurs effets reste néanmoins la bactérie Gram négative *P. aeruginosa* (**Guinoiseau, 2010**).

Traditionnellement, les HE à carvacrol ou thymol sont utilisés pour traiter les infections urinaires. De nombreuses HE très connues ont montré une efficacité sur les germes responsables des cystites, en réduisant la formation du biofilm bactérien qui se forme à la surface de la vessie : des origans mexicains, riches en carvacrol et thymol, la Coriandre (*coriandrum sativum*) efficace sur des souches d'*E. coli* multirésistantes ainsi que les HE de la cannelle écorce, de Clou de girofle et de Cumin (*Cuminum cyminum*) riche en cuminaldéhyde (**Géa et Banel, 2022**).

### 3.2. Activités anti-inflammatoires

Les huiles essentielles anti-inflammatoires sont nombreuses et variées. Elles contiennent souvent des molécules comme les esters, les monoterpènes, les sesquiterpènes ou les phénylpropanoïdes qui ont des propriétés anti-inflammatoires reconnues.

Un effet anti-inflammatoire a été décrit pour les huiles essentielles de *Protium strumosum*, *Protium lewellyni*, *Protium grandifolium*, ou plus récemment, pour l'huile essentielle des racines de *Carlina acanthifolia*, qui est capable d'inhiber l'inflammation induite par une injection de carraghénane chez le rat (**Guinoiseau, 2010**).

### 3.3. Activités antioxydantes

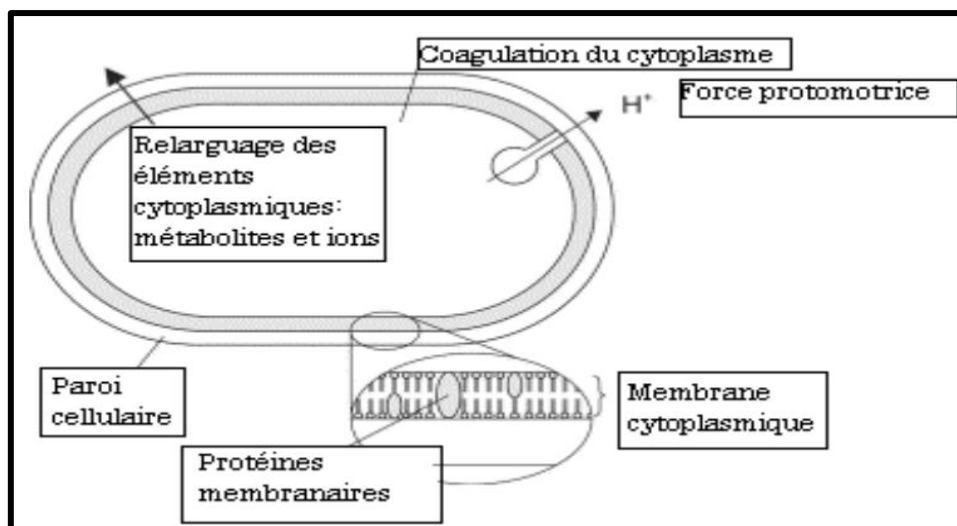
De nombreuses huiles essentielles, comme les huiles de cannelle, de piment, de laurier et d'origan, présentent un pouvoir anti-oxydant. Cette activité est attribuée à certains groupes fonctionnels en l'occurrence, les alcools, éthers, cétones et aldéhydes monoterpéniques, tels

que : le linalool, le 1,8-cinéole, le géraniol/néral, le citronellal, et quelques monoterpènes dont le  $\gamma$ -terpinène et l' $\alpha$ -terpinolène. Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles est utilisé comme substitut dans la conservation alimentaire (Touhami, 2017).

#### 4. Mode d'action des huiles essentielles

Les HEs et leurs composants possèdent des mécanismes d'action variés, ils peuvent inhiber ou ralentir la croissance des microorganismes, touchant en particulier la membrane cellulaire et le cytoplasme, et dans certains cas, modifient complètement la morphologie cellulaire. Même si le mode d'action des huiles essentielles n'est pas clairement élucidé, leur activité semblerait dépendre d'un ensemble de processus impliquant diverses cibles cellulaires

L'altération de la membrane cellulaire bactérienne par les HEs permet de pénétrer dans les lipides de la membrane ce qui provoque une déstabilisation de la structure et une augmentation de la perméabilité membranaire, ce qui perturbe de nombreuses activités cellulaires, notamment la production d'énergie, le transport membranaire et d'autres fonctions de régulation métabolique, entraînant une fuite de composants cellulaires et une perte d'ions. Ceci va perturber divers processus vitaux tels que les processus de conversion d'énergie, le traitement des nutriments, la synthèse des macromolécules structurales et la sécrétion de régulateurs de croissance. Ces modifications peuvent être responsables de la coagulation des composants cellulaires internes du cytoplasme et de la rupture des liaisons entre les couches lipidiques et protéiques ce qui entraîne la mort cellulaire (Figure 05) (Martins, 2020).



**Figure 05** : Action des huiles essentielles et de leurs constituants sur la cellule bactérienne (Gaborieau, 2014)

## 5. Techniques d'extraction des huiles essentielles

### 5.1. Extraction par hydrodistillation

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par d'hydro distillation qui est la méthode recommandée pour l'obtention des huiles essentielles à l'aide d'un montage de type Clevenger. Dans cette technique, la matière végétale sèche est mélangée avec de l'eau distillée dans un ballon en pyrex, puis le tout est déposé sur un chauffe-ballon. Le ballon est branché avec un système fermé en verre constitué d'une colonne pour mener les vapeurs d'eau chargées de l'huile essentielle, vers un réfrigérant pour la condensation des vapeurs, une burette pour la collecte des condensats dans laquelle le volume de l'huile essentielle récupérée est lu directement, puis un retour de la phase aqueuse vers le ballon pour prévenir sa déshydratation. L'extraction est déroulée jusqu'à l'obtention d'un volume constant de l'huile essentielle avec une durée allant de 3h jusqu'à 5h au maximum (**Pharmacopée Européenne, 2008**).

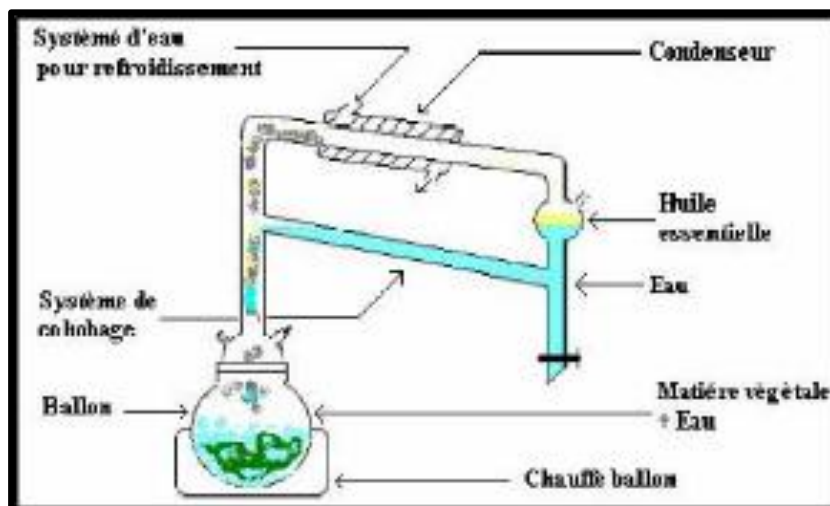
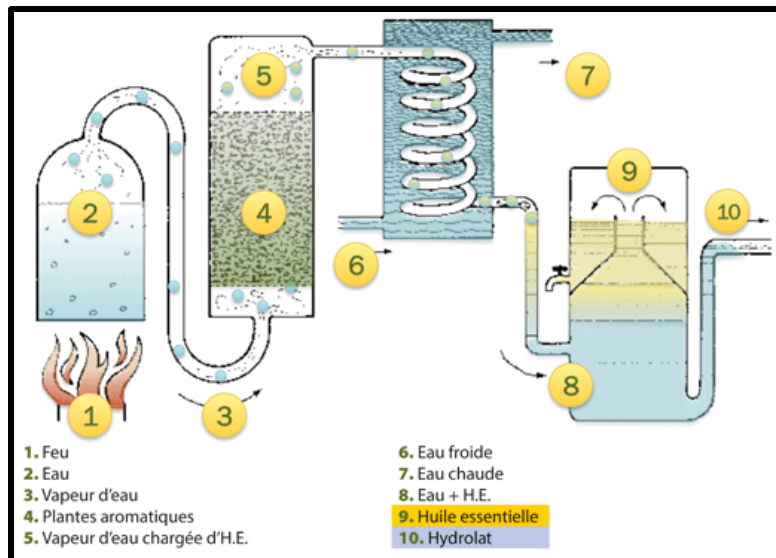


Figure 06 : Schémas de l'hydrodistillation

### 5.2. Entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce type de distillation, le matériel végétal est placé sur une grille perforée à travers laquelle passe la vapeur d'eau (Figure 07). La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère les molécules volatiles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant (Touhami, 2017).



**Figure 07 :** Principe de l'appareillage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau

### 5.3. Extraction assistée par micro-ondes

Cette méthode consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur micro-ondes sans ajouter ni eau ni solvant organique. Les parties du végétal les plus riches en eau, comme les vacuoles, absorbent les ondes puis les convertissent en chaleur, engendrant une augmentation rapide et soudaine de la température au sein de ces structures. Ces dernières éclatent sous la pression régnant dans l'extracteur, libérant ainsi les molécules olfactives. Puis les vapeurs d'eau entraînent l'HE. Un système de refroidissement à l'extérieur du four micro-ondes permet la condensation de façon continue du distillat, composé d'eau et d'huile essentielle, et il permet également le retour de l'excès d'eau à l'intérieur du ballon afin de maintenir le taux d'humidité propre au matériel végétal.

### 5.4. Distillation sèche

Cette distillation est réalisée, de préférence, sur le bois ou les écorces. Elle n'utilise pas l'eau ou la vapeur d'eau, contrairement à l'entraînement par la vapeur ou l'hydrodistillation. La distillation sèche conduit à un distillat ayant souvent l'apparence d'un goudron (liquide visqueux noirâtre). Ce mode de distillation est très peu utilisé (**Benbrahim, 2021**).

### 5.5. Hydrodiffusion

La vapeur d'eau est pulsée de haut vers le bas à travers la plante aromatique, pour une huile essentielle destinée à un usage médical, il convient :

- d'opérer à base pression, ce qui donne une huile essentielle de meilleure qualité;
- de réaliser une distillation complète (donc plus longue) de façon à avoir tous les constituants aromatiques contenant dans l'huile essentielle (**Benbrahim, 2021**).

### **5.6. Expression à froid**

Cette méthode est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation. Il existe des machines qui rompent les poches par dépression et recueillent directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (Touhami, 2017).

### **5.7. Extraction par solvant**

Cette technique utilisera des solvants comme l'hexane, le toluène, les dérivés chlorés. Le solvant est ensuite éliminé par distillation, et elle ne doit pas être employé s'il on veut préparer une huile essentielle à usage thérapeutique car il pourrait rester des traces de solvant. Elle est parfois utilisée dans l'industrie des parfums (Bruneton, 1993).

### **5.8. Extraction par un fluide en phase super critique**

Cette méthode a été développée au départ dans l'industrie agroalimentaire (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2013), elle est généralement réalisée à basse température, ce qui en fait une méthode très appropriée pour les composés thermosensibles, et il s'agit d'une méthode plus respectueuse de l'environnement car elle utilise des fluides non toxiques tels que le CO<sub>2</sub> ou, dans certains cas, elle utilise beaucoup moins de quantités de solvant organique (quelques millilitres seulement) (Stratakos et Koidis, 2016).

---

# *Matériel et méthodes*

---



## **1. Présentation de l'étude**

Le travail de recherche relatif à ce mémoire a été réalisé au niveau du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine, le laboratoire de biologie végétale (n°2) et de Microbiologie (TC) de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1. Il est scindé en 3 parties :

- Un stage pratique du 26 février 2023 au 23 mars 2023 au niveau du laboratoire d'Hygiène de la Wilaya de Constantine, essentiellement pour l'initiation à la paillasse de l'ECBU, l'isolement et l'identification des bactéries nécessaires aux activités antimicrobiennes. Ce stage a permis aussi la réalisation d'une étude rétrospective remontant à trois années afin d'établir l'évolution des infections urinaires.
- Un travail expérimental d'un mois au niveau du laboratoire n°2 essentiellement pour l'exploration des plantes étudiées (persil, thym et cannelle) et l'extraction des huiles essentielles.
- Un travail pratique d'un mois au niveau du laboratoire de microbiologie du tronc commun, essentiellement pour la mise en évidence des activités antibactériennes des huiles essentielles vis à vis des souches bactériennes isolées.

### **1.1. Objectifs**

Les objectifs de notre travail peuvent être résumés en :

- Isoler et identifier plusieurs bactéries responsables d'infection urinaires ;
- Réaliser des antibiogrammes des bactéries isolées afin de déterminer les souches résistantes ;
- Déterminer l'effet antibactérien des huiles essentielles sur les souches identifiées (aromatogramme) ;
- Déterminer la fréquence des infections urinaires et la prévalence des bactéries responsables de ce genre d'infections dans la région de Constantine.

## **2. Population étudiée**

La population cible correspond aux deux sexes et à tous les âges.

### **2.1. Considérations éthiques**

La confidentialité est garantie pour les informations recueillies dans le cadre de cette étude.

### **3. Fiche de renseignements**

Les prélèvements d'urine reçus au laboratoire sont accompagnés d'une fiche de renseignements (annexe 01) qui comporte :

- Le nom et prénom du malade
- L'âge
- La technique du prélèvement
- La date
- Le nom du service
- Les renseignements cliniques
- La thérapeutique antérieure ou en cours

### **4. Prélèvement**

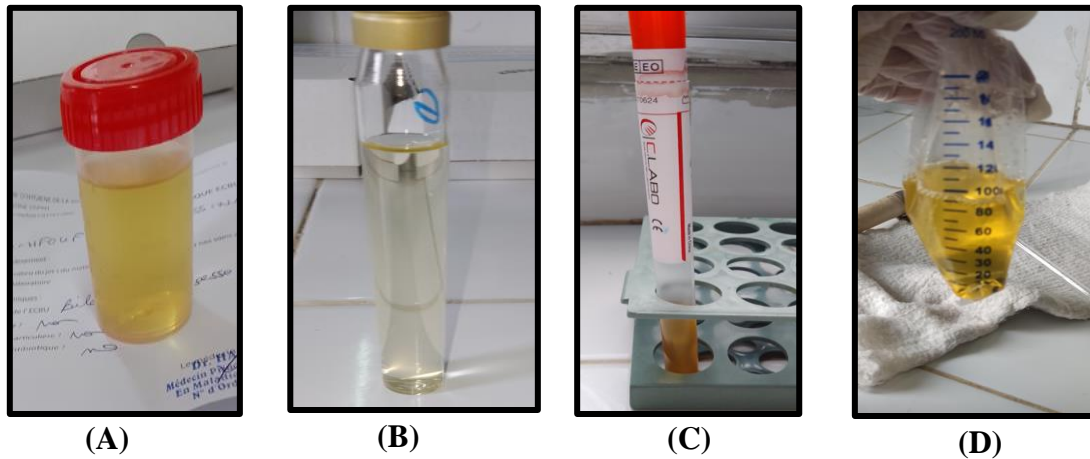
Les conditions de recueil de l'urine doivent être optimales pour que le résultat de l'examen cytot bactériologique des urines (ECBU) soit fiable ; la qualité du prélèvement conditionne la qualité et l'interprétation de l'examen.

#### **4.1. Prélèvement direct (les personnes coopératives)**

Certaines conditions du prélèvement doivent être respectées :

- Le prélèvement doit être effectué avant toute antibiothérapie.
- Les urines sont recueillies de préférence le matin ou après une stase d'au moins 3 heures dans la vessie.
- Une toilette intime doit être réalisée avant le recueil des urines par un lavage soigneux au savon ou antiseptique doux de la région vulvaire chez la femme et du méat chez l'homme suivi d'un rinçage.
- Pour les prélèvements d'urine il est recommandé d'utiliser un récipient (pot) stérile, un tube stérile avec couvercle et à usage unique ou un écouvillon stérile (**Figure 08, ci-dessous**).
- L'élimination de la première partie de la miction (environ les premiers 20 ml) et récolte du milieu de la miction, en évitant tout contact du récipient avec les organes génitaux.
- L'échantillon doit être frais, plus le délai entre la miction et l'analyse est court, plus on réduit la prolifération de bactéries, ce qui évite une altération du pH et de la concentration de glucose et prévient la cytolyse.
  - **Remarque :**

Cette technique nécessite une bonne participation de la personne et il faut l'informer sur le déroulement du soin.



**Figure 08** : Les différents contenants d'urines (**Photos personnelles**)

(A) : urines en pot ; (B) : urines en tube ; (C) : urines en écouvillon ; (D) : urines en sac collecteur

## **4.2. Prélèvement indirect (les personnes hospitalisées)**

### **4.2.1. La sonde vésicale à demeure**

Est indiquée en cas d'incontinence urinaire ou de rétention permanente (paraplégique, malade inopérable) lorsque aucune autre alternative n'est envisageable.

La poche de recueil doit être stérile, vidangeable, munie d'une valve anti-retour, avec un tuyau de bon calibre, semi-rigide, comportant un site de prélèvement à urines (**Figure 09, ci-dessous**).

Le prélèvement s'effectue sur le sac collecteur, après désinfection, avec une seringue et une aiguille. Il ne faut jamais prélever les urines dans la poche de recueil car les urines présentes dans le sac peuvent avoir stagné plusieurs heures, et l'ECBU peut être ininterprétable.

S'il n'y a pas de site de prélèvement, recueillir les urines directement à la sortie de la sonde, en déconnectant la sonde du sac, de façon aseptique. Lorsque la sonde est bouchée, le patient se plaint de douleurs pelviennes, et il y a des fuites autour de la sonde. Dans ce cas, il faut faire des lavages de vessie à la seringue et augmenter les boissons. Si la sonde ne peut être débouchée, il faut la remplacer (**Caron et al., 2015**).



**Figure 09 : Matériel de sondage vésical (Cariou, 2012)**

## **5. Acheminement**

- Le transport de l'échantillon au laboratoire doit être rapide ne pas dépasser 30 min.
- Si le transport immédiat est impossible, les urines doivent être conservées au réfrigérateur à 4°C pendant au maximum 24 heures et cela afin d'éviter toute prolifération microbienne risquant de faire poser à tort le diagnostic d'infection urinaire (Caron *et al.*, 2015).

## **6. Diagnostic de l'infection urinaire**

Le diagnostic d'une infection urinaire se fait après l'apparition des symptômes qui l'indiquent, il se fait par plusieurs manières et par plusieurs moyens notamment :

- ✓ Méthode rapide de détection par bandelettes urinaires.
- ✓ Examen cyto bactériologique des urines (ECBU).

### **6.1. Dépistage par bandelette urinaire**

C'est un examen simple et rapide de différents paramètres urinaires. Il apporte immédiatement des informations précieuses. Cet examen est réalisé au niveau de l'unité de biochimie.

#### **6.1.1. Principe**

Les bandelettes sont constituées d'un support en plastique rigide sur lequel sont fixées des plaques réactives distinctes qui réagissent aux différents composants présents dans l'urine (Bourquia, 2016). En suivant ces étapes :

- Bien se laver les mains et les parties intimes.
- Éliminer le premier jet d'urine dans les toilettes.
- Uriner dans le pot sans toucher le bord supérieur.
- Tremper les bandelettes dans les urines.

- Lire le résultat en comparant la couleur obtenue et celle qui se trouve sur le flacon. Il faut respecter une attente qui est précisée par le fabricant.

### **6.1.2. Procédure et paramètres mesurés**

L'examen doit être pratiqué sur des urines fraîches, émises depuis moins d'une heure où ayant été gardées au frais (+ 4 °C) pendant moins de 4 h (**Bellal et Benzaid, 2016**).

Il s'effectue en faisant tremper la bandelette dans les urines puis en attendant le temps recommandé pour la lecture de la bande réactive. Par la suite, la couleur obtenue sur la bandelette est comparée avec l'échelle colorimétrique placée sur le flacon. Généralement, les bandelettes urinaires comportent huit plages de couleur qui réagissent à la présence de certains éléments (**Bourquia, 2016**).

Les éléments qui peuvent être détectés sont :

- Les nitrites qui révèlent une infection urinaire car la plupart des germes en fabriquent, essentiellement les entérobactéries ;
- Les leucocytes qui sont observés en cas d'infection urinaire ;
- Les hématies qui indiquent la présence du sang dans les urines ;
- Le pH (potentiel hydrogène) qui permet de mesurer l'acidité des urines ;
- Les protéines car un taux élevé de protéines reflète une atteinte rénale ;
- Les corps cétoniques qui sont présents dans les urines en cas d'hypoglycémie et d'hyperglycémie ;
- Le glucose.

L'examen met en évidence aussi la densité qui permet de savoir si les urines sont concentrées. Si l'ensemble de ces quatre paramètres : nitrite ; protéines, hématies et leucocytes est négatif, le diagnostic d'infection urinaire est peu probable (faux négatif < (10 %). Par contre, la positivité d'un seul paramètre doit faire pratiquer un examen cyto bactériologique des urines (**Benzeghadi et Karim, 2015**).

## **6.2. Examen cyto bactériologique des urines (ECBU)**

### **6.2.1. Examen macroscopique**

L'examen macroscopique donne une idée préliminaire sur l'examen cyto bactériologique, il permet de noter l'aspect de l'urine comme suite :

- Trouble /légèrement trouble /clair.
- Couleur (jaune citron, ambrée, ictérique, hématique, colorée par des médicaments)

- Odeur : nauséabonde surtout si le germe en cause est pyogène.

### **6.2.2. Examen microscopique**

L'examen microscopique est un examen qui comprend un examen cytologique et un examen bactériologique pratiqués sur un échantillon d'urines.

#### **6.2.2.1. Examen cytologique**

Cet examen permet de quantifier les leucocytes et d'apprécier leur abondance en notant le nombre par champ microscopique ainsi que les hématies et les autres éléments. Il est réalisé par le dépôt de quelques gouttes d'urines homogénéisées à l'aide d'une pipette pasteur sur une lame qui est recouverte d'une lamelle puis observée sous microscope avec l'objectif x 40. L'observation microscopique permet de préciser la présence des leucocytes, des hématies, des cellules épithéliales, des cristaux, des germes.

#### **6.2.2.2. Examen bactériologique**

L'examen bactériologique comporte aussi un examen qualitatif et un autre quantitatif.

##### **➤ L'examen qualitatif**

Il repose sur l'examen direct des urines, à l'état frais, qui permet d'apprécier l'existence des micro-organismes ainsi que leur mobilité, d'une part, et d'une autre d'estimer leur nombre. En cas de présence d'une flore bactérienne, une coloration de Gram ou une coloration au bleu de méthylène est réalisée sur le culot de centrifugation, Cela permettra de guider l'antibiothérapie de première intention avant les résultats de la culture et de l'antibiogramme.

##### **➤ L'examen quantitatif**

Une mise en culture permet de quantifier la bactériurie et d'identifier les bactéries infectant les urines. Elle consiste à dénombrer les unités formant colonies (UFC) par ml d'urine. Au-delà de deux types de colonies différentes, l'analyse n'est pas poursuivie.

La mise en culture doit répondre à un double objectif ; le dénombrement de l'espèce bactérienne et son isolement, ce qui permettra une identification exacte des micro-organismes qui colonisent l'urine.

Cet examen est réalisé en suivant la méthode de Kass et cela en homogénéisant le prélèvement et déposant 0,1 ml d'urines sur la surface du milieu de culture. Ces dernières sont ensemencées par stries sur toute la surface de la gélose puis incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures.

L'identification des colonies après la mise en culture se fait sur la base des caractères morphologiques (macroscopiques et microscopiques) et biochimiques.

Les milieux utilisés doivent permettre la culture des bactéries responsables de l'infection urinaire dont les très grandes majorités sont peu ou pas exigeantes et à culture rapide. Elles sont donc cultivées sur géloses ordinaires nutritives. D'autres milieux sélectifs comme Hektoen, la gélose au sang et la gélose chocolat, peuvent être utilisés suivant les informations cliniques accompagnant le prélèvement.

### **6.3. Interprétation d'un ECBU**

L'interprétation d'un ECBU doit tenir compte des circonstances épidémiologiques et cliniques et en particulier de la nature de la population concernée (âge, sexe), des facteurs de risque, et de la présence de symptômes urinaires ou de fièvre.

Sur le plan microbiologique, le niveau de la bactériurie, la nature des micro-organismes isolés, le nombre d'espèces isolées et le niveau de la leucocyturie.

Les infections urinaires authentiques sont liées à la présence d'un seul type de germe dans les urines avec l'association d'une leucocyturie et d'une bactériurie.

#### **6.3.1. Leucocyturie**

Une urine normale contient moins de  $10^4$ /ml de leucocyte. Un taux supérieur à ce seuil fait suspecter la présence d'une infection urinaire et témoigne d'un état inflammatoire d'origine infectieuse. Par contre, chez un patient symptomatique sans sonde, il est fortement évocateur d'une infection du tractus urinaire (**Terki Hassaine, 2016**).

Une leucocyturie, même importante, n'est pas spécifique d'infection urinaire car il existe de nombreuses autres causes telles que la vulvo-vaginite, l'urétrite et la tuberculose qui peuvent être à l'origine d'une leucocyturie (**Djouadi et Saadi, 2017**).

Dans certains cas, on distingue un nombre élevé de leucocytes altérés (cellules de pus) c'est une forme de leucocyturie qui porte le nom de « pyurie ».

#### **6.3.2. Bactériurie**

Le seuil de bactériurie est très variable et dépend de plusieurs facteurs influençant parmi eux :

- Le mode et les conditions de prélèvement, de transport et d'analyse ;
- La présence ou l'absence de sonde urinaire ;
- L'aspect mono ou polymicrobien de la culture ;
- Le type du micro-organisme isolé et son niveau d'implication dans l'étiologie des infections urinaires.

Donc, la confirmation d'une infection urinaire se fait devant une bactériurie significative lorsqu'elle est supérieure ou égale à  $10^5$  bactéries par ml d'urines (critères de Kass).

Selon le référentiel européen de microbiologie de la SFM ; le caractère pathogène d'un microorganisme et le seuil de bactériurie significative dépendent du type de micro-organismes. Pour cela quatre groupes ont été définis (Caron *et al.*, 2015).

**Tableau 03** : Seuils de significativité de la bactériurie en fonction du groupe d'uropathogènes

Groupes	Espèces Bactériennes	Seuil de significativité	Sexe
1	<i>E. coli</i> <i>S. saprophyticus</i>	$10^3$ UFC/ml	Homme ou femme
2	Entérobactéries, <i>P. aeruginosa</i> <i>S. aureus</i> , <i>Corynebacterium urealyticum</i>	$10^3$ UFC/ml	Homme
		$10^4$ UFC/ml	Femme
3	- Bactéries á Gram positif ( <i>Streptococcus agalactiae</i> , les staphylocoques à coagulase négative autre que <i>Staphylococcus saprophyticus</i> )  - Bactéries à Gram négatif ( <i>Acinetobacter spp</i> , <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> , autres <i>Pseudomonaceae</i> ) ou les <i>Candida spp</i> .	$10^5$ UFC/ml	Homme ou femme
4	Lactobacilles, streptocoques alpha-hémolytiques, <i>Gardnerella vaginalis</i> , <i>Bifidobacterium spp</i> , bacilles diphterimorphes (Sauf <i>Corynebacterium urealyticum</i> ).	Pas de seuil, contaminants probables a recontrôler.	Homme ou femme

#### 6.4. Identification des souches bactériennes

L'identification des caractères biochimiques des bactéries responsables des infections urinaires est effectuée par différentes méthodes appelées « Galerie ». Ces galeries peuvent être manuelles, telle que : la galerie classique ou la galerie API20E ou des automates.

Nous avons utilisé la galerie biochimique classique, plus des tests complémentaires (test d'oxydase, test de catalase et la coloration de Gram).

##### 6.4.1. Tests d'orientation

Pour l'identification d'une espèce bactérienne, certains critères permettent d'orienter le



diagnostic de façon précise, cette orientation est effectuée à l'aide de certains tests.

#### **6.4.1.1. Coloration de Gram**

La coloration de Gram est la coloration différentielle microbiologique la plus importante et la plus largement utilisée, permet de différencier les bactéries selon 2 critères principaux : leur forme et leur affinité pour les colorants :

- Forme : Paires, tétrades, groupes, chaînes, lancettes...
- Affinité pour les colorants : Gram positif ou Gram négatif.

##### ➤ **Technique**

- À partir d'une suspension bactérienne, un frottis inondé sur une lame puis séché.
- Une coloration est ensuite réalisée pendant 1 minute par le colorant violet de gentiane, suivie d'un rinçage à l'eau déminéralisée.
- Une fois la lame rincée, le Lugol est étalé et laissé pendant 1 minute ; ce qui permettra de stabiliser la coloration violette, puis un rinçage est effectué.
- Une décoloration à l'alcool est ensuite effectuée en le versant sur la lame inclinée et en laissant agir pendant 30 secondes avant de rincer.
- La décoloration à l'alcool est suivie d'une contre coloration avec de la fuchsine en laissant agir d'une minute puis en lavant et séchant la lame 10 à 15 minutes.

##### ➤ **Lecture**

- Les bactéries à Gram négatif sont colorées en rose.
- Les bactéries à Gram positif sont colorées en violet.



**Figure 10** : Frottis coloré par la technique de la coloration de Gram (**Photo personnelle**)

#### **6.4.1.2. Coloration au bleu de méthylène**

La coloration au bleu de méthylène (BM) est une coloration simple et rapide qui permet d'apprécier la morphologie des bactéries et leur mode de groupement.

##### ➤ **Technique**

- On effectue une centrifugation d'urine pour séparer le culot du surnageant, puis on étale le culot sur la lame. Le séchage est effectué à l'aide du bec bunsen.

- Placer la lame sur un support de coloration et l'inonder par le bleu de méthylène. Laisser agir pendant 1-3 minutes.
- Laver doucement la lame avec de l'eau distillée, égoutter l'excès d'eau, éponger (ne pas frotter) avec du papier absorbant et laisser les lames sécher complètement à l'air.
- Observer à l'objectif x100 à immersion (avec une goutte d'huile).

#### **6.4.1.3. Test d'oxydase**

La recherche de l'oxydase est l'un des critères les plus employés pour l'identification des bactéries à Gram négatif. Elle consiste à mettre en évidence la capacité de la bactérie testée, à oxyder un réactif (N-méthylé du paraphénylène diamine) incolore en une forme oxydée, colorée, par la production bactérienne de l'enzyme « cytochrome oxydase ».

##### ➤ **Technique**

Placer un disque oxydase (pré-imprégnées de N-diméthyl paraphénylène diamine) sur une lame. A l'aide d'une pipette pasteur, une colonie de la bactérie à identifier est prélevée du milieu de culture et déposée sur le disque.

La lecture se fait après 30 secondes, un virage rapide du réactif de l'incolore au violet indique la présence d'une cytochrome oxydase. La bactérie est dite : Oxydase +.

A l'inverse, s'il reste incolore la bactérie ne possède pas l'activité oxydase, elle est donc oxydase -.

#### **6.4.1.4. Test de catalase**

La plupart des micro-organismes aérobies possèdent une catalase. C'est une enzyme qui joue un rôle majeur dans l'élimination du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) avec dégagement d'oxygène selon la réaction suivante :  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

A partir d'un milieu solide, plusieurs colonies bactériennes sont prélevées et mises en suspension dans la solution de peroxyde d'hydrogène (1-2 ml) préalablement versée dans un tube à essai.

- La présence d'une catalase se traduit par la formation de bulles d'oxygène ;
- L'absence d'une catalase se traduit par la formation de très peu de bulles ou bien leur absence.

#### **6.4.1.5. Recherche de la coagulase**

Cette recherche vise à différencier *Staphylococcus aureus* du Staphylocoque à coagulase négative. La coagulase est une enzyme produite par *S. aureus* qui convertit le fibrinogène dans

le plasma en fibrine provoquant une agglutination. Dans un tube à hémolyse stérile, 01 ml de plasma de lapin est déposé accompagné de la suspension bactérienne. Le mélange est incubé à 37°C pendant 4h.

Observer la culture à intervalles réguliers, au cours des quatre heures qui suivent, à la recherche de la présence d'un caillot, si aucun caillot n'est observé au bout de 4 heures, l'essai peut être poursuivi avec une incubation pendant 24 heures pour l'observation finale.

#### **6.4.2. Identification par galerie classique**

Elle se compose de différents milieux en gélose et en bouillons permettant l'identification des différents caractères métaboliques et biochimiques (**Figure 11**).

##### **6.4.2.1. TSI (Triple-Sugar-Iron)**

Le milieu TSI est un milieu glucosé saccharose, contenant du citrate de fer ammoniacal. Il s'agit d'un milieu utilisé pour l'identification des entérobactéries.

L'ensemencement de la pente se fait par stries serrées, plus une simple pique en profondeur pour le culot. C'est un milieu qui permet la recherche de plusieurs caractères biochimiques :

- Fermentation du glucose, du saccharose, et du lactose, accompagnée d'une production d'acide.
- Production de gaz et d'H<sub>2</sub>S.

##### ➤ **Lecture**

- Sur la pente, le virage de l'indicateur du rouge brin au jaune indique la fermentation du lactose.
- Dans le culot, le virage de l'indicateur au jaune se traduit par l'acidification de milieu, et donc la fermentation du glucose.
- Des fissures ou des bulles dans le milieu indiquent une production de gaz.
- Un précipité noir dans le culot indique une production de H<sub>2</sub>S.

##### **6.4.2.2. Mannitol mobilité**

Ce milieu permet l'étude de la fermentation du mannitol (caractère biochimique) et la mobilité de la souche (caractère morphologique).

Le milieu est ensemencé par pique centrale à l'aide d'un fil de platine ou une pipette pasteur à bout fermé et incubé à 37°C pendant 18-24 heures. La lecture de l'utilisation du mannitol est possible grâce à la présence d'un indicateur de pH, le rouge de phénol. L'utilisation

du mannitol acidifie le milieu qui peut ainsi être révélé par le virage de l'indicateur de pH à sa teinte acide (jaune).

Les bactéries mobiles diffusent à partir de la ligne d'ensemencement, créant un trouble dans le milieu alors que les bactéries immobiles poussent uniquement le long de la strie d'ensemencement.

#### **6.4.2.3. Citrate de Simmons**

Ce milieu est utilisé pour la différenciation des bacilles à Gram négatifs. Il permet la recherche du citrate de sodium comme seule source de carbone et d'énergie pour les bactéries. Ce milieu contribue à la mise en évidence des caractères d'identification des entérobactéries. Le milieu est présenté sous forme de gélose inclinée. La pente est ensemencée par une strie longitudinale, réalisée à l'anse, à partir d'une suspension de la culture solide en eau physiologique stérile. Il est essentiel de ne pas visser le bouchon à fond, afin de permettre les échanges gazeux.

##### ➤ **Lecture**

- Virage de l'indicateur de pH au bleu : Il y a eu alcalinisation du milieu et la souche est citrate (+).
- Pas de virage de l'indicateur de pH : Il n'y a pas eu alcalinisation et la souche est citrate (-).

#### **6.4.2.4. Urée-indole**

Le milieu urée indole permet la mise en évidence de l'uréase, du tryptophane désaminase et de la production d'indole (le milieu contribue à la mise en évidence des caractères d'identification des entérobactéries).

La technique consiste à verser un volume du milieu urée indole sur la suspension bactérienne préalablement préparée. Puis une incubation à 37°C pendant 24h. En présence d'uréase, le milieu vire au rouge violacé, en absence d'uréase, la coloration du milieu reste inchangée.

La présence d'indole est révélée par l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu, après l'ajout de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

Tous les tubes sont gardés fermés à l'exception des tubes du TSI et du Mannitol-mobilité à cause de la production de gaz.



**Figure 11** : Une galerie biochimique avant incubation (milieu TSI, citrate de Simmons, mannitol mobilité, urée indole) (**Photo personnelle**)

## **7. L'antibiogramme**

L'antibiogramme permet d'étudier simultanément l'activité de plusieurs antibiotiques par rapport à une souche bactérienne. Il accompagne toujours l'identification des bactéries potentiellement pathogènes. Le résultat obtenu contribue à évaluer la sensibilité de la souche examinée ou sa résistance, ce qui signifie que l'antibiotique sera probablement actif au sens thérapeutique ou le traitement sera un échec.

### **7.1. Principe**

Son principe repose sur la mise en contact *in vitro* de la bactérie à tester avec l'antibiotique et sur l'observation de ses conséquences sur la croissance et la survie bactérienne.

Pour réaliser l'antibiogramme par la méthode des disques, la suspension bactérienne est ensemencée à la surface d'une gélose ordinaire, la gélose de Mueller-Hinton. Des disques préimprégnés d'une dose connue d'antibiotique sont déposés à la surface de la gélose. L'antibiotique diffuse à partir du disque en créant un gradient de concentration. La détermination du diamètre de la zone d'inhibition permet une estimation de la concentration minimale inhibitrice (CMI). Les caractères de sensibilité ou de résistance de la souche bactérienne en seront déduits.

### **7.2. Technique**

A partir d'une culture pure de 18h sur un milieu d'isolement, réaliser une suspension bactérienne d'une opacité équivalente à 0,5 Mc Ferland (**Rahal et al., 2011**).

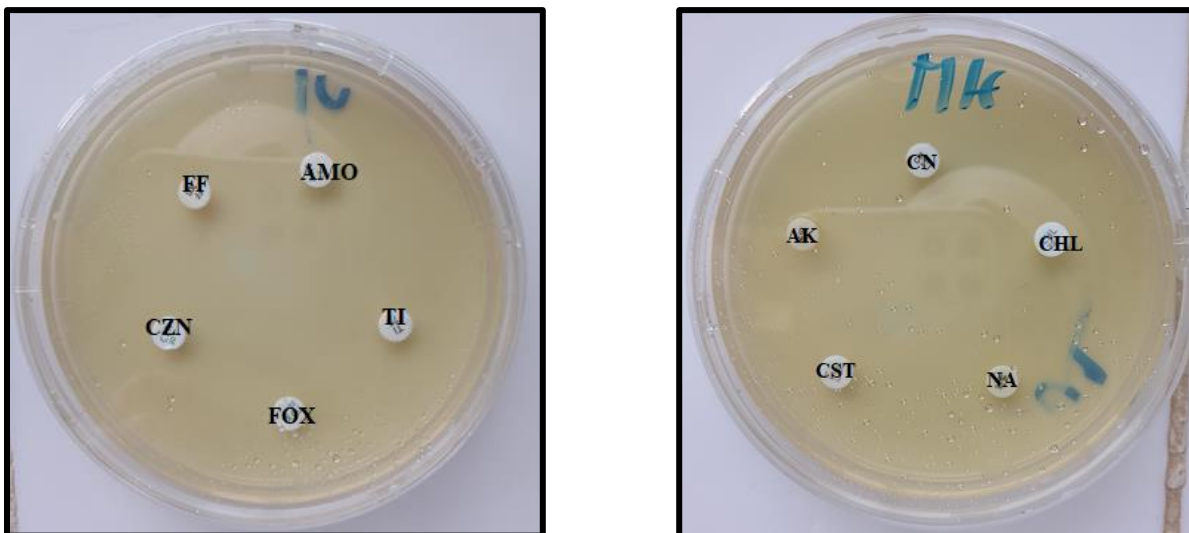
- Tremper un écouvillon stérile dans l'inoculum, l'essorer en le passant fermement sur la paroi interne du tube afin de le décharger au maximum, puis l'ensemencer sur la Gélose Mueller Hinton (MH) de haut en bas, en stries serrées. L'opération est répétée 3 fois, en tournant la boîte de 60° à chaque fois et finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.

- Déposer des disques d'antibiotiques choisis selon la bactérie isolée sur la gélose à l'aide d'une pince flambée. Les disques d'antibiotiques doivent être espacés au nombre de 6 au maximum sur une boîte de 90mm de diamètre. Tout disque mouillé, ou ayant été conservé à température ambiante, ne doit pas être utilisé.

- Incuber les boîtes à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- Après incubation, mesurer précisément les diamètres des zones d'inhibition observés et se référer aux diamètres critiques standards conformément aux normes CASFM, puis classer la bactérie dans l'une des catégories cliniques : **Sensible, Intermédiaire, Résistante**.

Les antibiotiques testés pour les entérobactéries (annexe 03) sont : Ampicilline, Amoxicilline, Amoxicilline Acide clavulanique, Ticarcilline, Pipéracilline, Céfazoline, Céfalotine, Céfotaxime, Céftriaxone, Céfoxitine, Céfépime, Imipénème, Amikacine, Gentamicine, Acide nalidixique, Ofloxacine, Ciprofloxacine, Fosfomycine, Colistine et Triméthoprim-sulfaméthoxazole.

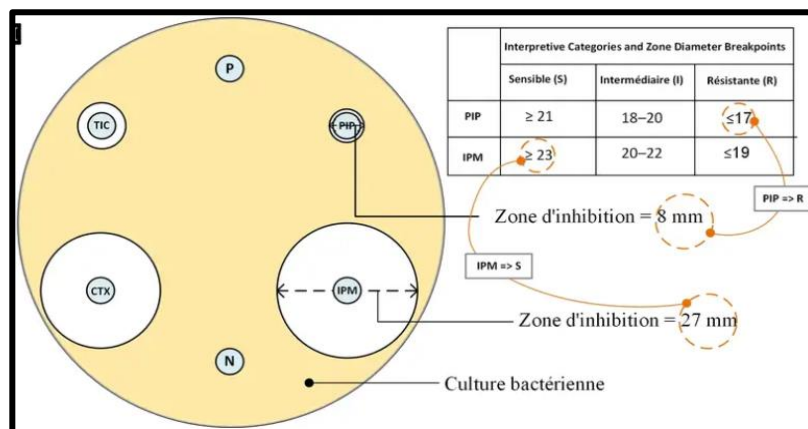


**Figure 12** : Antibiogramme d'une souche de *Klebsiella sp.* avant incubation (**Photos personnelles**)

### 7.3. Résultats et interprétation

La sensibilité de la souche bactérienne est exprimée pour chaque ATB en S (sensible), R (résistante) ou I (intermédiaire).

- Sensibles (S) : Les souches pour lesquelles la CMI de l'ATB testé est inférieure ou égale à la concentration critique basse (c), ce qui équivaut à un diamètre supérieur ou égal au diamètre critique D.
- Résistantes (R) : Les souches pour lesquelles la CMI de l'ATB testé est supérieure à la concentration critique haute (C), correspondant à un diamètre inférieur au diamètre critique (d).
- Intermédiaire (I) : Les souches pour lesquelles la CMI de l'ATB testé et du diamètre correspondant est compris entre les deux concentrations critiques et les deux diamètres critiques.



**Figure 13 : Lecture d'un antibiogramme (Anonyme 08)**

## 8. Huiles essentielles

### 8.1. Source du matériel végétal

Le matériel végétal de notre étude est constitué des graines, des feuilles et des écorces sèches. Ce sont des espèces de plantes médicinales, fournies par un Herboriste dans deux régions différentes (Teleghma et Sidi Khelifa-Mila) durant le mois d'Avril : *Thymus vulgaris* (thym), *Petroselinum crispum* (persil) et *Cinnamomum cassia* (cannelle).

**Le choix des espèces s'est fait en se basant sur les critères suivants :**

- Une recherche bibliographique qui prouve leur composition très riche en substances aromatiques.
- Les trois espèces sont très utilisées dans la médecine traditionnelle algérienne pour traiter les infections urinaires.
- La disponibilité du matériel végétal.

## 8.2. Préparation des plantes

Toutes les plantes ont été débarrassées de tous les éléments étrangers, placées dans des sacs et transportées au laboratoire. Les bâtonnets de *Cinnamomum cassia* ont été broyés afin de faciliter l'extraction d'HE et le fonctionnement du Clevenger.



Graines de *Petroselinum crispum*



Feuilles de *Thymus vulgaris*



Bâtonnets de *Cinnamomum cassia*



Bâtonnets de *Cinnamomum cassia* broyées

**Figure 14 : Matières végétales (Photos personnelles)**

## 8.3. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

### 8.3.1. Protocole expérimental

Pour extraire les huiles essentielles des plantes choisies, on a utilisé un montage de l'hydrodistillation de type *Clevenger* (**Figure 15**). L'extraction a duré 2 à 3 heures pour un mélange de 100g de matériel végétal sec avec 1000 ml d'eau distillé. L'ensemble est ensuite porté à ébullition dans un ballon de 2 litres surmonté d'une colonne reliée à un réfrigérant.

Les vapeurs chargées d'huiles et qui traversent le réfrigérant, se condensent et chutent dans une ampoule à décanter. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité.



Les HEs recueillies par décantation à la fin de la distillation sont séparées de la phase aqueuse et récupérées à l'aide d'une micropipette.

L'opération est reproduite plusieurs fois afin de recueillir une quantité suffisante de l'huile essentielle.



**Figure 15** : Montage de l'hydrodistillation de type *Clevenger* (Photo personnelle)

### **8.3.2. La conservation de l'huile essentielle**

L'instabilité relative des molécules constitutives des huiles essentielles rend leur conservation délicate et indispensable. Trois facteurs interviennent dans l'altération des huiles essentielles :

- La température : obligation de stockage à basse température entre 4-8 °C dans un réfrigérateur pour éviter toute dégradation.
- La lumière : stocker dans l'obscurité et dans des flacons recouverts d'un papier aluminium.
- L'oxygène : les flacons doivent être hermétiquement fermés pour la préservation de l'air.

### **8.3.3. Rendement en huile essentielle**

Selon la norme AFNOR (1986). Le rendement en huiles essentielles (R%) est le rapport entre la masse des huiles essentielles obtenues après extraction (M') et la masse de la matière végétale utilisée (M). Il est représenté par la formule suivante :

$$\mathbf{R\% = (M'/M).100}$$

R% : le rendement de l'huile essentielle en pourcentage.

M' : la masse de l'huile essentielle extraite en g.

M : la masse des plantes traitée en g.

#### **8.3.4. La densité absolue à 20°C d'une huile essentielle**

La densité absolue d'une huile essentielle à 20°C est la masse d'un certain volume de cette huile à 20°C, rapportée à ce volume.

La détermination de la densité des HEs des plantes étudiées est réalisée en prélevant un volume de 1ml pour chaque huile, on pèse ensuite ce volume par une balance analytique. La densité de chaque huile a été calculée à partir de la relation suivante :

$$d = m_1 - m_0$$

$m_0$  : masse en g de l' Eppendorf vide.

$m_1$  : masse en g de l' Eppendorf contenant 1 ml d'HE

### **9. Evaluation des activités antimicrobiennes des huiles essentielles étudiées**

#### **9.1. Souches microbiennes utilisées**

Les tests antibactériens ont été effectués sur quelques souches bactériennes pathogènes et isolées à partir des urines des patients souffrant des infections urinaires au laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine, il s'agit des souches suivantes : *E. coli* et *Staphylococcus sp*, *Klebsiella sp* et *Pseudomonas sp*.

#### **9.2. Réactivation des souches bactériennes**

- A l'aide d'une anse de platine, prélever un ose à partir de la colonie et réaliser un ensemencement en stries dans une boîte à pétri avec gélose nutritive.
- Incuber les boîtes pendant 24h à 37 °C.

#### **9.3. Préparation de l'inoculum**

Préparer des suspensions pour chaque espèce. A l'aide d'une pipette pasteur on prélève deux ou trois colonies pures et bien isolées qu'on décharge dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Agiter au vortex pendant quelques secondes, la taille standard de l'inoculum est égale à la norme de turbidité 0,5 McFarland.

#### **9.4. Préparation des dilutions des huiles essentielles**

Une série de dilution des huiles essentielles (cannelle, persil et thym) a été réalisée allant de 1/2 à 1/16 avec un solvant organique (Dimethyl sulfoxyde (DMSO) (**Figure 16**).

En débutant par la préparation de la suspension mère (SM) dans le première Eppendorf en plastique stérile contient 500µl d'huile essentielle et 500µl de DMSO.

- 500µl de la première dilution sont transférées dans le deuxième Eppendorf (1/2) auquel on rajoute 500µl de DMSO, puis on agite.
- Des dilutions à 1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 1/12, 1/14, 1/16 sont préparées de la même manière.
- Laisser deux témoins (l'huile essentielle pure et le DMSO pure).



**Figure 16 :** Préparation des différentes dilutions des huiles essentielles (Photo personnelle)

### **9.5. L'aromatogramme**

L'aromatogramme est une méthode qui se réalise *in vitro*, basée sur la technique de l'antibiogramme ou la méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore la méthode des disques. Le contact se fait par l'intermédiaire des disques de papier sur lesquels on dispose une quantité donnée des huiles des plantes. Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des HEs testées, de s'appliquer a un très grand nombre d'espèces bactériennes et d'avoir été largement évaluée par 50 ans d'utilisation mondiale (Anonyme 09).

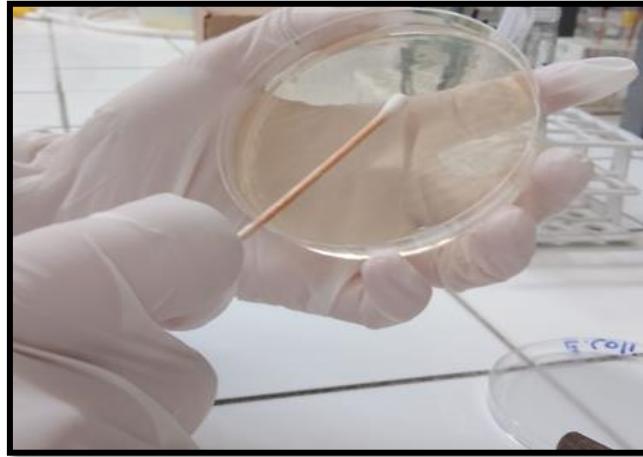
#### ➤ **L'ensemencement**

Dans des boîtes de Pétri, le milieu de culture gélosé Mueller Hinton (annexe 02) en surfusion a été coulé aseptiquement à raison de 20 ml par boîte.

- Tremper un écouvillon stérile dans la suspension microbienne.
- L'essorer en le passant fermement, en tournant sur la paroi interne du tube, afin de le décharger au maximum.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée, sèche, de haut en bas, en stries serrées (Figure 17).

- Répéter l'opération trois fois, en tournant la boîte de pétri de 60°C à chaque fois, sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.

Dans le cas de l'ensemencement de plusieurs boîtes de Pétri il faut recharger l'écouvillon à chaque fois.

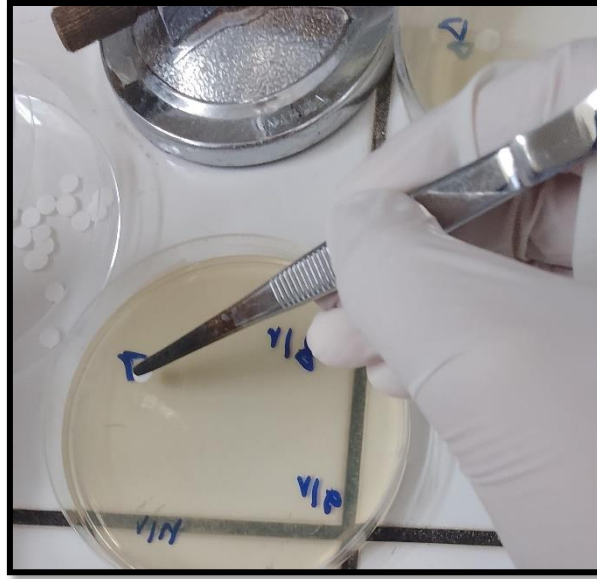


**Figure 17** : Ensemencement par écouvillon (**Photo personnelle**)

➤ **Application des disques et incubation**

Les disques de papier filtre n°1 stériles imprégnés avec une micropipette d'HEs pure et de différentes dilutions d'huiles essentielles à raison de 10µl par disque, A l'aide d'une pince stérilisée au bec bunsen ont déposées les disques sur la surface de la gélose dans des conditions stériles, puis laisser pendant 2 heures dans que les composés puissent diffuser (**Figure 18**).

Des disques témoins imbibés seulement par le DMSO et ont été utilisés. Les boites ont été incubées 24 h à 37 °C



**Figure 18 : Dépôt des disques imbibés (Photo personnelle)**

## **10. Etude rétrospective**

Une étude rétrospective est réalisée sur trois années 2020 /2021/ 2022. Les informations sont recueillies à partir des registres du laboratoire d'Hygiène de la wilaya de Constantine.

Une analyse des résultats est réalisée en se basant sur les facteurs suivants :

- Le sexe
- La tranche d'âge
- Les bactéries en cause

**10.1. Critères d'inclusion :** sont inclus dans notre étude tous les échantillons émanant des patients avec ECBU positif.

**10.2. Critères d'exclusion :** les prélèvements redondants sont exclus de notre étude (les cas négatifs et les cas contaminés).

---

## *Résultats et discussion*

---

## I. Partie expérimentale

### 1. L'examen cyto bactériologique des urines

L'examen cyto bactériologique des urines est l'examen de confirmation de l'infection urinaire, alors que les signes cliniques ou les tests rapides de dépistage ont seulement une valeur présomptive et peuvent se trouver en défaut dans de nombreuses situations. L'ECBU permet la mise en évidence de signes inflammatoires de l'arbre urinaire.

#### 1.1. Examen macroscopique des urines

Il consiste à observer à l'œil nu la limpidité de l'urine et sa couleur ; il permet de constater l'existence d'une éventuelle hématurie. Son intérêt est limité car une urine trouble n'est pas forcément le signe d'une infection, plusieurs aspects sont observés :

- **Urine claire** : Résulte d'une bonne hydratation, cela indique souvent que la personne est en bonne santé.
- **Urine trouble** : Cela peut être la conséquence de la présence de bactéries, la turbulence est souvent le signe d'une infection. Elle peut aussi refléter la présence de cristaux et de quelques éléments comme les cellules épithéliales ou des leucocytes.
- **Urine foncée** : L'apparition d'une couleur autre que le jaune (jaune foncé ou orange) peut être le signe d'un problème digestif, une déshydratation, ou par la prise de certains médicaments ou une hématurie.



(A)



(B)



(C)

**Figure 19** : Les différents aspects d'urine (Photos personnelles)

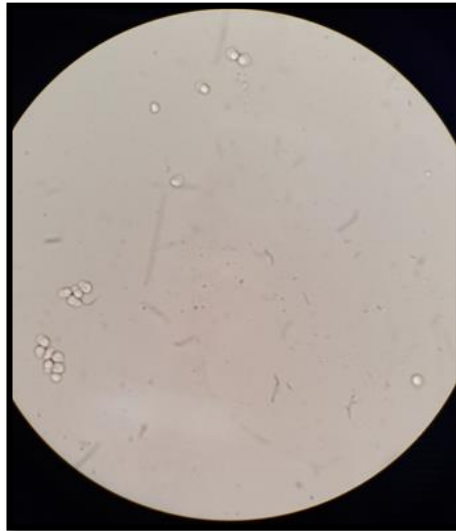
(A) : Urine claire, (B) : Urine trouble, (C) : Urine hémorragique

## **1.2. Examen microscopique des urines**

### **1.2.1. Examen cytologique**

L'analyse cytologique à l'état frais à l'aide du microscope optique nous a permis de voir la présence ou l'absence des leucocytes, hématies, cellules épithéliales, bactéries, cristaux, ...)

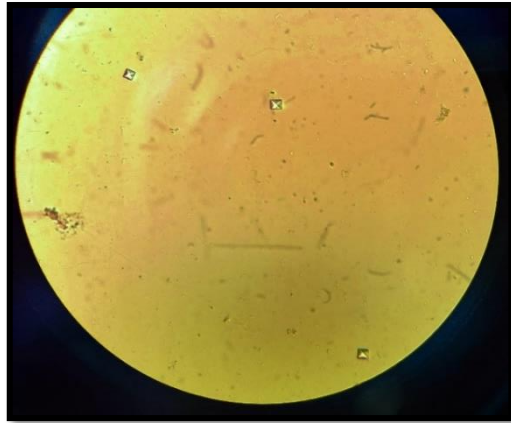
- **Leucocytes** : La présence d'un nombre trop élevé de leucocytes dans les urines ( $> 10^4/\text{ml}$ ) est souvent le signe d'une infection des voies urinaires, car la multiplication bactérienne s'accompagne d'une manifestation des défenses immunitaires.



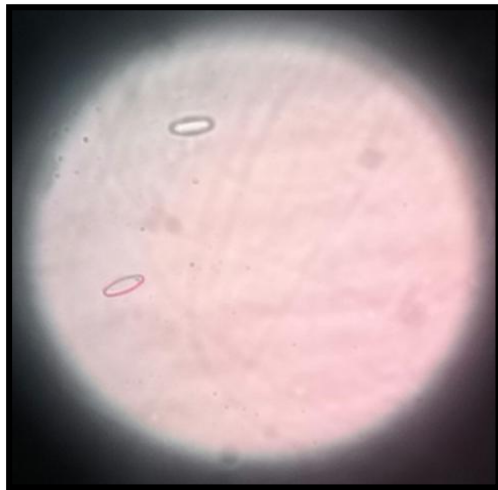
**Figure 20** : Observation microscopique des leucocytes à l'état frais (G×40) (Photo personnelle)

- **Hématies** : L'hématurie correspond à la présence de globules rouges dans les urines, une forte hématurie ( $>10/\text{mm}^3$ ) est parfois visible à l'œil nu. Les traumatismes, les saignements, les calculs, les cystites hématuriques, la tuberculose et les tumeurs de l'appareil urinaire peuvent en être l'origine.
- **Cristaux** : Dans la majorité des cas, les cristaux urinaires ne sont pas forcément liés à une pathologie et peuvent être présents chez des personnes en bonne santé. Les cristaux retrouvés sont : les cristaux d'oxalate de calcium et d'acide urique.



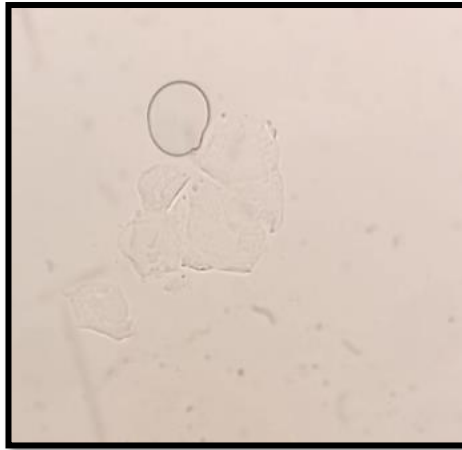


**Figure 21 :** Observation microscopique des cristaux d'oxalate de calcium (G×40) (Photo personnelle)



**Figure 22 :** Observation microscopique des cristaux d'acide urique (G×40) (Photo personnelle)

- **Bactéries :** L'urine étant un liquide stérile, la présence de bactéries peut être à l'origine de différentes pathologies ou due à une contamination de l'échantillon urinaire ou bien à la présence de la flore résidante.
- **Cellules épithéliales :** La présence de ces cellules correspond à une perte normale des cellules superficielles des tubules rénaux ou du tissu des voies urinaires et sont naturellement éliminées avec l'urine.



**Figure 23 :** Observation microscopique des cellules épithéliales (G×40) (**Photo personnelle**)

o **Cas particuliers :**

1. Présence de bactériurie sans leucocyturie, dans ce cas on soupçonne soit :
  - Une contamination causée par de mauvaises conditions de prélèvement.
  - Un prélèvement réalisé très précocement, avant que la leucocyturie n'apparaisse.
  - Un ECBU réalisé en retard (lyse des leucocytes).
  - Un patient immunodéprimé/ neutropénique.
2. Présence d'une leucocyturie sans bactériurie, dans ce cas on soupçonne soit un traitement antibiotique en cours ou bien la présence d'une maladie inflammatoire.

**1.2.2. Examen bactériologique**

Après la mise en culture de l'urine et après 24 heures d'incubation, on distingue :

- ✓ Aucun développement bactérien ou une bactériurie inférieure à  $10^3$  UFC/ml, indiquant l'absence d'infection urinaire.
- ✓ La présence d'un seul type de microorganisme et d'une bactériurie supérieure à  $10^5$  UFC/ml, suggère qu'il y a une infection urinaire probable
- ✓ Un développement de plusieurs types de microorganismes le prélèvement est considéré comme contaminé par de la flore de proximité et non interprétable.

**2. Identification bactérienne**

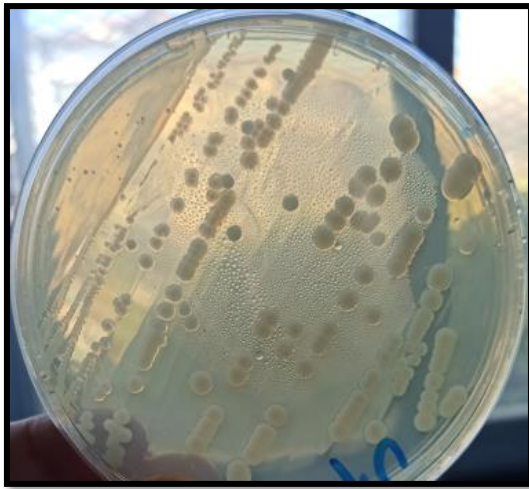
L'identification des bactéries, isolées à partir des urines a été basée uniquement sur des critères morphologiques et biochimiques.

**2.1. Identification morphologique des souches isolées**

La description des colonies isolées sur la gélose nutritive a un aspect muqueux ou crémeux, une forme ronde bombée ou plate, un contour lisse ou rugueux et différentes tailles.

Leur couleur diffère entre blanchâtre et beige, opaque ou translucide, pigmentée ou transparente.

- ✓ *Escherichia coli* : colonies plates, rondes, de contour régulier, lisses et de couleur crème.
- ✓ *Klebsiella sp* : Les colonies muqueuses sont communément associées à *Klebsiella*. Leur diamètre peut dépasser 10 mm, et elles ont une tendance à la confluence.
- ✓ *Proteus sp* : colonies envahissantes de couleur très claire formant un tapis uniforme.
- ✓ *Pseudomonas sp* : Les colonies isolées sont de grande taille avec un aspect bombé et au contour irrégulier . La souche est pigmentée de couleur verte, diffusant dans toute la boîte de pétri, avec une odeur caractéristique.



**A : *Escherichia coli***



**B : *Klebsiella sp.***



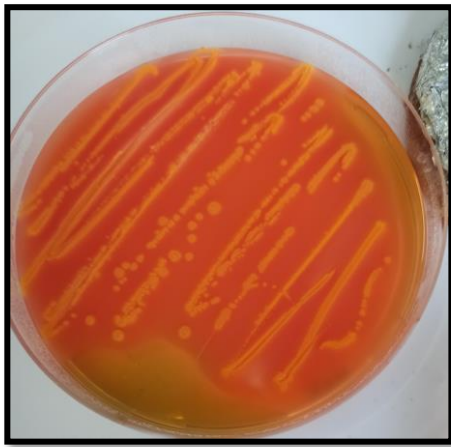
**C : *Proteus sp.***



**D : *Pseudomonas sp.***

**Figure 24 : Aspect des différentes colonies bactériennes (Photos personnelles)**

L'aspect caractéristique des colonies diffère selon le milieu de culture utilisé (chocolat, gélose au sang frais, Hektoen, Chapman et gélose nutritive). Les entérobactéries isolées sur le milieu Hektoen présentent différentes caractéristiques visuelles qui permettent de les identifier. *Escherichia coli* et *Klebsiella sp.* Apparaissent avec des colonies de couleur orange-saumon. *Proteus sp.* est caractérisée par des colonies bleu-vert. *Staphylococcus sp* sur milieu Chapman est caractérisée par des colonies rondes, convexes avec un diamètre de 1 à 4 mm avec une bordure nette et texture crémeuse, de couleur variable, allant du blanc au jaune doré.

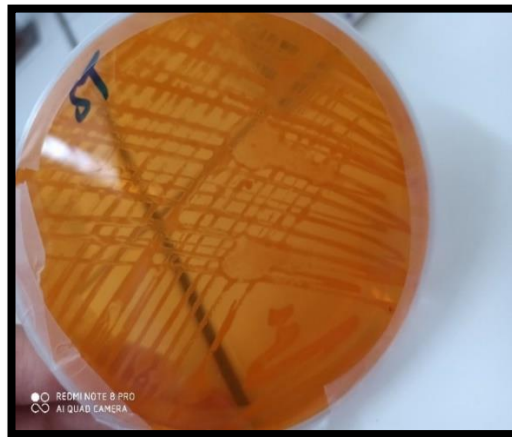


**A : *Escherichia coli***



**B : *Klebsiella sp.***

**Figure 25 :** Les différents aspects des colonies bactériennes sur milieu Hektoen (Photos personnelles)

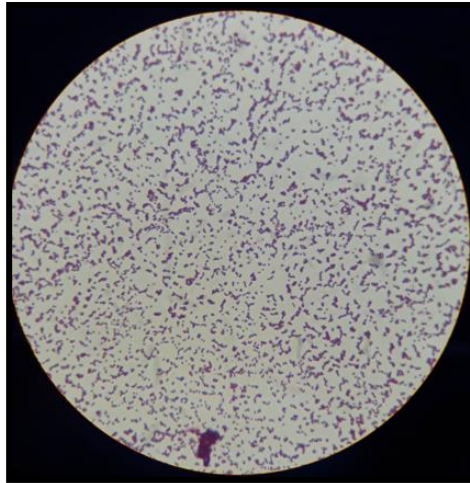


**Figure 26 :** Aspects des colonies de *Staphylococcus sp.* sur milieu Chapman (Photo personnelle)

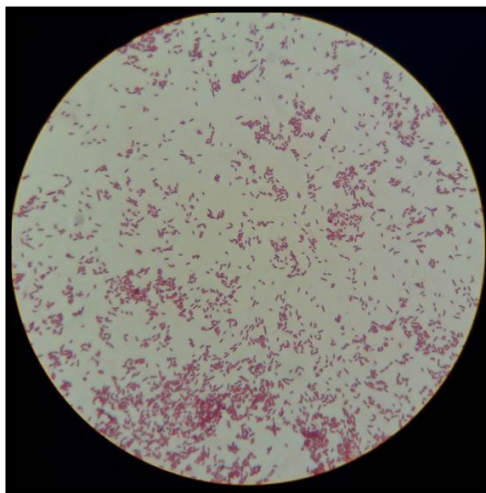
## 2.2. Tests d'orientation

### 2.2.1. Observation après coloration de Gram

D'après notre étude, les entérobactéries isolées se sont avérées être des Gram négatif avec une forme bacille ou coccobacille, isolée en paires ou en chaînes (**Figure 28**).



**Figure 27** : Observation microscopique des Cocci Gram positif en formes de grappe de raisin (*S.aureus*) (G×100) (photo personnelle)



**Figure 28** : Observation microscopique d'une bactérie Gram négatif (G×100) (photo personnelle)

### **2.2.2. Observation après coloration au bleu de méthylène**

Cette coloration permet de déterminer : La morphologie des bactéries, les types d'entérobactéries (bacilles, coccobacilles) et leurs regroupement (isolés, appariés, groupés)

### **2.2.3. Test d'oxydase**

L'absence de la coloration violette sur le disque d'oxydase révèle à un résultat négatif (**Figure 29**). La bactérie *E. coli* ne possède pas l'activité oxydase.

Les bactéries Gram négative produisent cette enzyme, telles que *Pseudomonas sp.* (**Figure 30**).



Figure 29 : Test d'oxydase négatif (photo personnelle)



Figure 30 : Test d'oxydase positif (photo personnelle)

#### 2.2.4. Recherche de catalase

Une réaction de catalase positive est indiquée par un dégagement gazeux immédiat. Ce dernier est produit suite à la décomposition du peroxyde d'hydrogène.

Une catalase (+) : indique un dégagement des bulles de gaz dans l'eau oxygénée ;

Une catalase (-) : indique l'absence de dégagement gazeux

La recherche de la catalase est un test fondamental pour l'identification des bactéries à Gram positif. Les trois espèces *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis* et *Klebsiella pneumoniae* possèdent une catalase.

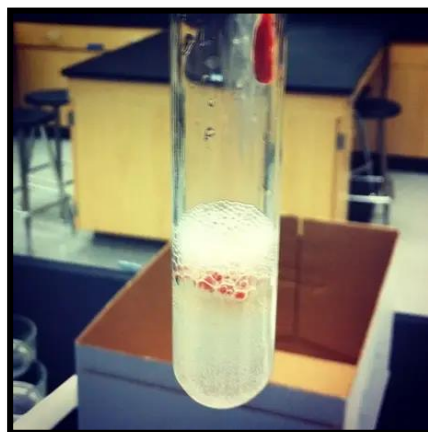


Figure 31 : Test de catalase (Anonyme 10)

#### 2.2.5. Recherche de la coagulase

La coagulase est l'une des enzymes qui coagulent le plasma sanguin. C'est le principal test caractérisant *Staphylococcus aureus*.

Coagulase positif : si le plasma coagule dans les 24 heures et les bactéries ont des enzymes de coagulation.



A : coagulase négative

B : coagulase positive

Figure 32 : Test de la coagulase (Anonyme 11)

### 2.3. Identification par galerie classique

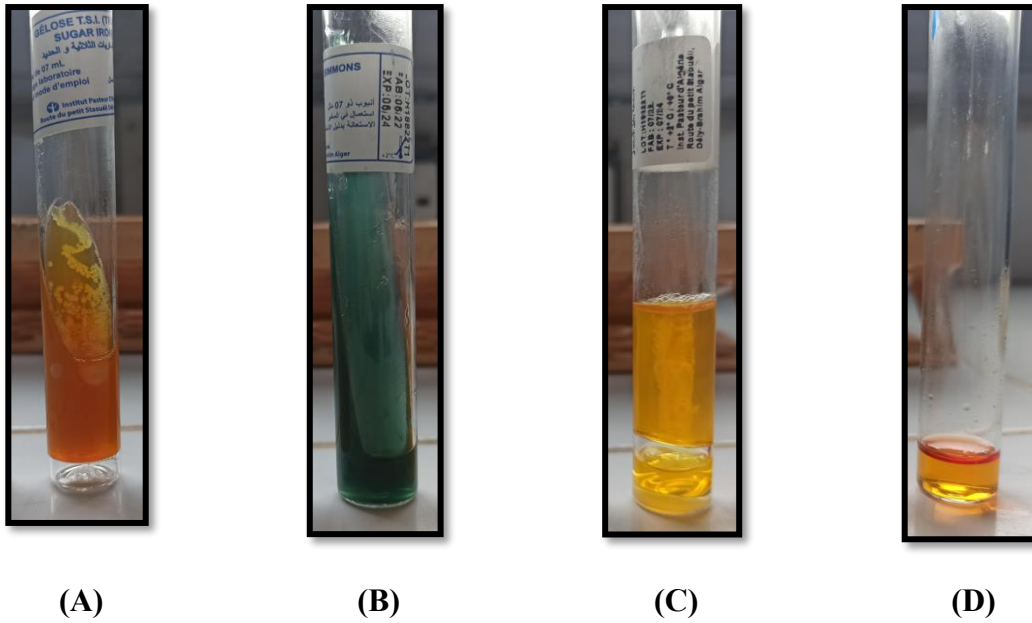
Après incubation, la galerie biochimique nous a permis d'identifier quelques caractères biochimiques des souches isolées par la détermination de la positivité et la négativité de chaque test de la galerie par réaction colorimétrique. Certains résultats sont lus directement et d'autres sont lus après ajout de réactifs spécifiques.

**Tableau 04 :** Les caractères biochimiques pour l'identification des genres les plus fréquemment responsables de l'infection urinaire.

	<i>Escherichia sp.</i>	<i>Klebsiella sp.</i>	<i>Proteus sp.</i>	<i>Pseudomonas sp.</i>
Glucose	+	+	+	+
Lactose	+	+	-	+
ONPG	+	+	-	-
Citrate	-	+	+/-	+
Mobilité	+	-	+	+
Indole	+	-/+	-	+/-
Urée	-	+	+	-
TDA	-	-	+	-
H <sub>2</sub> S	-	-	+/-	-

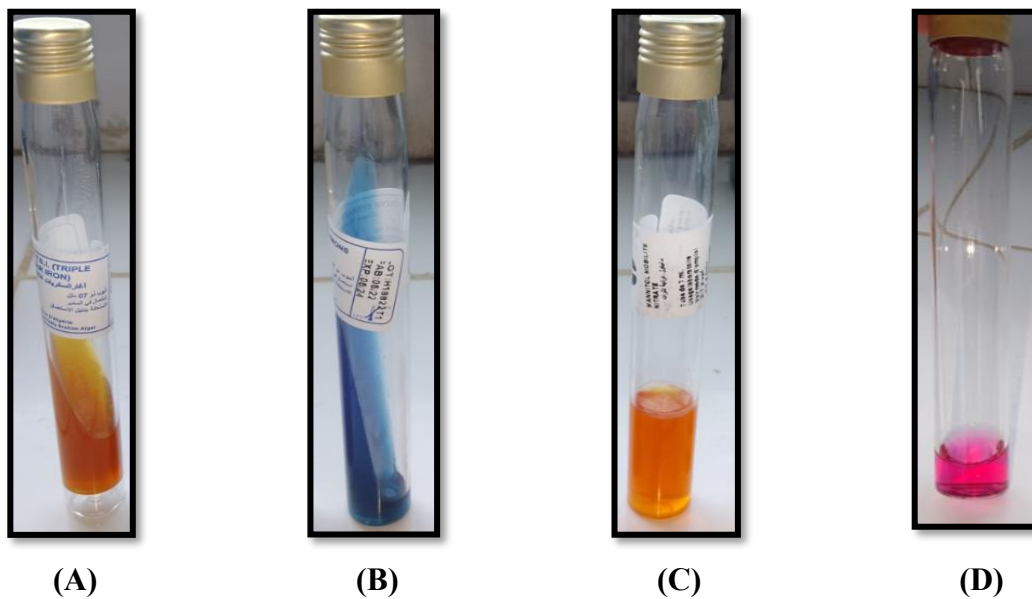
\*à 20°C seulement, (+) : Résultat positif, (-) : Résultat négatif

Les résultats exprimés dans le tableau 04 montrent que l'identification biochimique a été réalisée par les tests de la galerie classique pour analyser les principaux caractères biochimiques des isolats.



**Figure 33 :** Galerie biochimique de la bactérie *Escherichia coli* (photos personnelles)

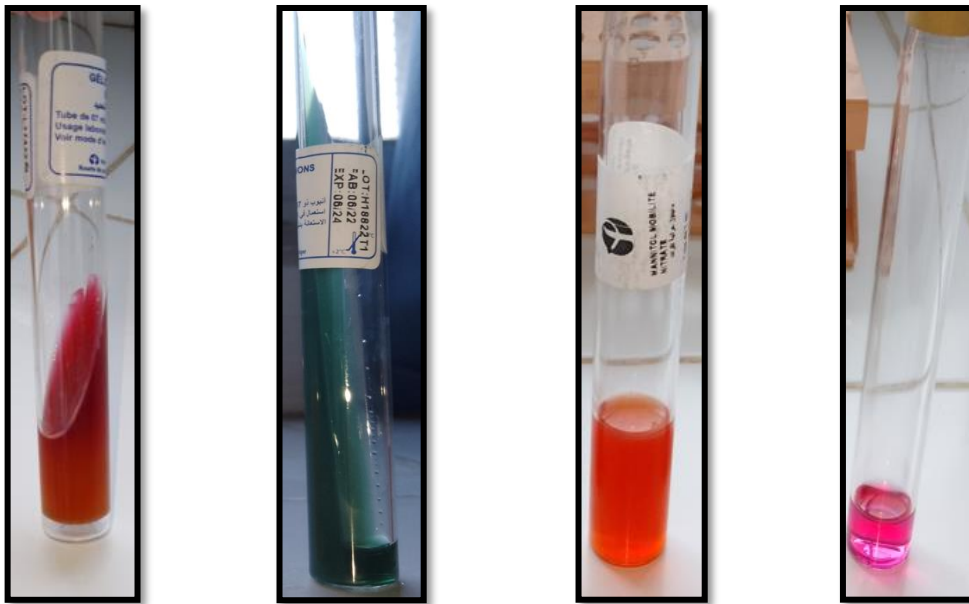
(A) : milieu TSI, (B) : citrate de Simmons, (C) : mannitol mobilité, (D) : urée indole



**Figure 34 :** Galerie biochimique de la bactérie *Klebsiella sp.* (photos personnelles)

(A) : milieu TSI, (B) : citrate de Simmons, (C) : mannitol mobilité, (D) : urée indole





(A)

(B)

(C)

(D)

**Figure 35 :** Galerie biochimique de la bactérie *Proteus sp.* (photos personnelles)

(A) : Milieu TSI, (B) : Citrate de Simmons, (C) : Mannitol mobilité, (D) : Urée indole

**D'après la figure 33 :**

- **Le milieu TSI :** On observe production du gaz et avec un virage de couleur vers le jaune sur la pente et dans le culot, cela indique une fermentation du lactose et du glucose.
- **Le milieu citrate :** On a remarqué qu'il n'y a pas une alcalinisation du milieu, la couleur du milieu reste verte, donc la bactérie n'a pas utilisé le citrate comme une source de carbone.
- **Le milieu mannitol mobilité :** Il y a une diffusion à partir de la ligne verticale d'ensemencement, la bactérie est mobile. Un virage de couleur vers le jaune est remarqué donc *E. coli* qui fermente le mannitol et l'utilise comme source de carbone et d'énergie.
- **Le milieu urée indole :** En absence d'uréase, la couleur du milieu demeure inchangée. Après ajout de 4 à 5 gouttes du réactif de Kovacs dans le tube, la présence d'indole est révélée par l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu.

**D'après la figure 34 :**

- **Le milieu TSI :** un virage de couleur de rouge brin au jaune sur la pente ce qui indique une production d'acide à partir de glucose et de lactose avec une production de gaz.

- **Le milieu citrate** : on a remarqué qu'il y a eu une alcalinisation du milieu, d'où le virage du vert vers le bleu sur la pente, donc *Klebsiella* a utilisé le citrate comme une seule source de carbone.
- **Le milieu mannitol mobilité** : il n'y a pas de diffusion à partir de la ligne d'ensemencement, donc la bactérie est immobile, et le virage de couleur vers le jaune se traduit par la fermentation du mannitol.
- **Le milieu urée indole** : un virage de couleur du jaune transparent vers le rose, indique que notre souche est à urée positive et possède l'enzyme uréase après addition du réactif de Kovacs l'absence d'anneau rouge, signifie que la bactérie n'hydrolyse pas le tryptophane en indole. Donc, elle ne possède pas de tryptophanase.

**D'après la figure 35 :**

- **Le milieu TSI** : Après l'incubation il y a eu une acidification que dans le culot d'où le virage du rouge de phénol au jaune avec présence des bulles d'air donc la souche a fermenté le glucose avec production de gaz mais elle n'a pas fermenté le lactose.
- **Le milieu citrate** : Absence de virage de couleur, donc la bactérie n'a pas utilisé le citrate comme source de carbone.
- **Le milieu mannitol mobilité** : En ce qui concerne la mobilité, la bactérie est mobile car elle a diffusé à partir de la ligne verticale d'ensemencement en créant un trouble, et il y a eu une acidification du milieu, d'où le virage du rouge de phénol au jaune, donc ce sont des mannitol (+).
- **Le milieu urée indole** : Concernant l'hydrolyse de l'urée, *Proteus sp.* était urée (+) car il y a eu une alcalinisation du milieu d'où le virage de couleur du jaune transparent vers le rose.

### **3. Antibiogramme**

La détermination de la sensibilité aux antibiotiques est réalisée par la méthode de diffusion sur gélose Mueller-Hinton. Les diamètres critiques sont définis pour chaque antibiotique par le Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM).

Les diamètres d'inhibition autour des disques sont mesurés à l'aide d'une règle, puis ils sont comparés aux diamètres critiques. Les tests de sensibilité sont affectés par des variations du milieu, la charge de l'inoculum, le temps d'incubation, la température et d'autres facteurs.

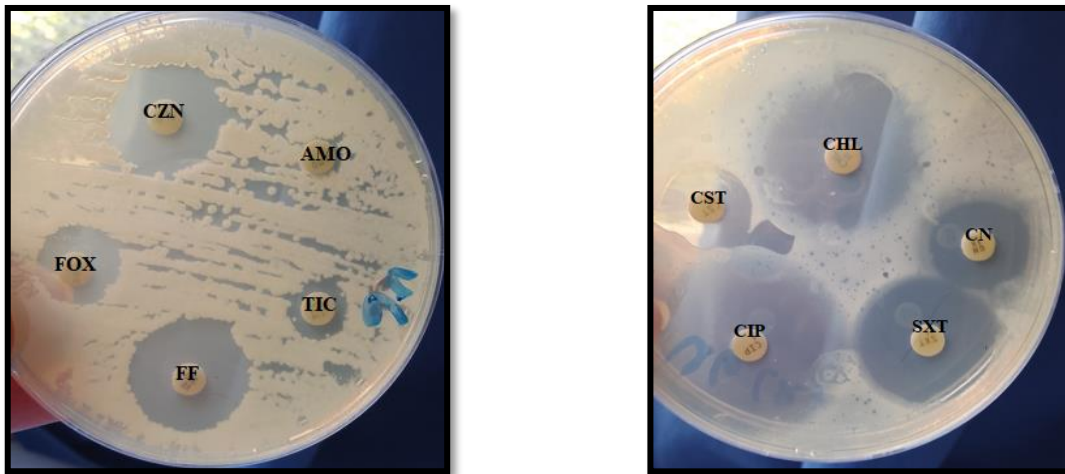
#### **3.1. Sensibilité aux antibiotiques**

##### **3.1.1. *Klebsiella sp.***

La sensibilité de la bactérie *Klebsiella sp.* est testée vis-à-vis des antibiotiques appartenant

à des familles différentes dont les Bêta-lactamines (Amoxicilline, Ticarcilline, Céfazoline, Céfoxitine), les quinolones (Ciprofloxacine), fosfomycine, les aminosides (Gentamicine), les phénicoles (Chloramphénicol), Colistine et Bactrim.

Il convient de noter toutefois sur une fiche de résultats d'antibiogramme (annexe 03) le diamètre d'inhibition pour pouvoir les classer en 3 catégories : sensible (S), résistante (R), intermédiaire (I).



**Figure 36 :** Sensibilité de *Klebsiella sp.* vis-à-vis des ATB (AMO, TIC, FF, FOX, CZN, CN, SXT, CIP, CST, CHL) (Photos personnelles)

A partir des résultats obtenus *Klebsiella* est résistante aux Bêta-lactamines (Amoxicilline, Ticarcilline) par la production d'une B-lactamase de type pénicillinase de nature chromosomique ce qui en fait un germe naturellement résistant.

Pour les céphalosporines on remarque que notre souche est intermédiaire à la Céfazoline par contre il a une résistance à la Céfoxitine.

Ces résultats sont différents de ceux de (Nouri et Ziadi Chibane, 2015) qui ont trouvé que la bactérie *Klebsiella* est résistante à la Céfazoline et sensible à la Céfoxitine. *Klebsiella* est naturellement sensible aux céphalosporines, dans notre cas, elle a acquis une résistance.

Par contre nos résultats sont en accord avec ceux de (Benahmed, 2019) qui a trouvé que cette bactérie est résistante à l'Amoxicilline et la Ticarcilline.

Les fluoroquinolones conservent une bonne activité vis-à-vis de *Klebsiella*. Dans notre étude la bactérie est sensible à la Ciprofloxacine. Nos résultats sont en accord avec ceux de (Sekhri, 2011) rapportant que cette bactérie à une sensibilité à Ciprofloxacine.

Dans cette étude *Klebsiella sp.* gardait une grande sensibilité pour la fosfomycine. Ce résultat est en accord avec (Ababsa et Belloula, 2020) qui ont enregistré une sensibilité totale à la fosfomycine.

Concernant l'association Triméthoprime-sulfaméthoxazole (Bactrim), Gentamicine, Chloramphénicol et la colistine notre bactérie présente une sensibilité entière envers ces antibiotiques.

(Belbel, 2014) a obtenu des résultats semblables aux nôtres pour la sensibilité à la colistine.

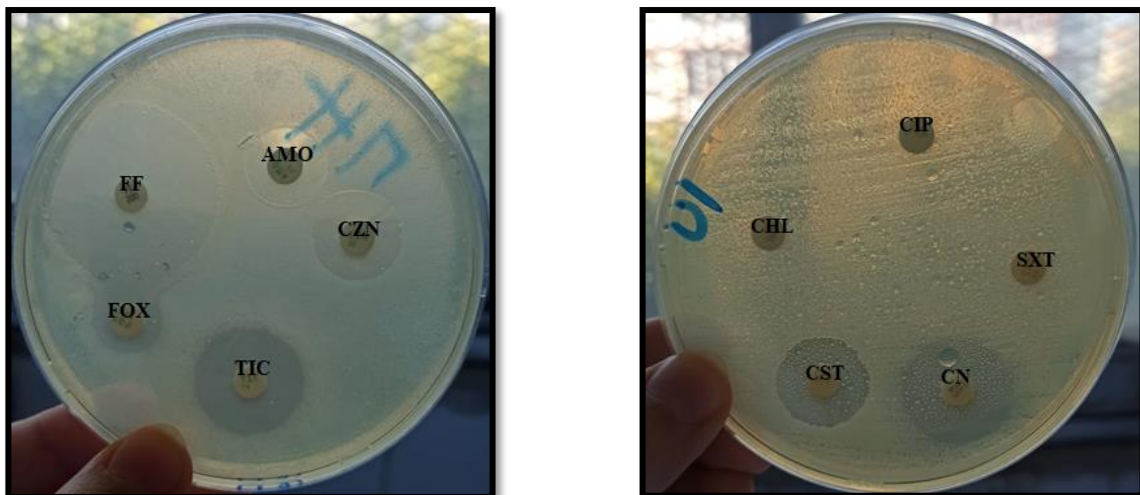
(Belheine et Bouziour, 2020) ont trouvé des résultats similaires avec *Klebsiella spp* sensibles à Gentamicine.

A l'opposé (Boughachiche et Sebais, 2016) ont enregistré une résistance vis à vis de Triméthoprime-sulfaméthoxazole et une faible résistance au Chloramphénicol.

### 3.1.2. *Escherichia coli*

La sensibilité de la bactérie *Escherichia coli* est testée vis-à-vis des différentes familles d'antibiotiques : Bêta lactamines (AMO, TIC), céphalosporines (FOX, CZN), quinolones (CIP), aminosides (CN), Fosfomycines, Chloramphénicol, Colistine et Bactrim.

Il convient de noter toutefois sur une fiche de résultats d'antibiogramme le diamètre d'inhibition pour pouvoir les classer en 3 catégories : sensible (S), résistante (R), intermédiaire (I).



**Figure 37** : Sensibilité de *E. coli*. vis-à-vis des ATB (AMO, CZN, TIC, FOX, FF, CIP, SXT,CN, CST, CHL) (Photos personnelles)

D'après les résultats, *Escherichia coli* est résistante à la pénicilline (Amoxicilline, Ticarcilline). Ces résultats prouvent que *E. coli* est sécrétrice de  $\beta$ -lactamase mais que l'acide clavulanique a permis la restauration de l'activité de l'amoxicilline.

Pour les céphalosporines, cette souche est résistante aux (Céfoxitine, Céfazoline).

Un taux plus ou moins faible de résistance, est enregistré vis-à-vis des Ciprofloxacine, Chloramphénicol et Sulfamide.

Par contre, la bactérie est sensible aux Fosfomycine, Gentamicine et naturellement sensible à la colistine.

Ces résultats sont expliqués par la grande capacité d'*E. Coli* d'accumuler les gènes de résistance. Parmi les mécanismes d'acquisition de résistance le plus important est l'acquisition des gènes codant l'extension du spectre de  $\beta$ -Lactamase (Poire *et al.*, 2018).

Ces résultats sont en accord avec ceux de (Benhiba *et al.*, 2015) qui ont trouvé que cette bactérie est résistante à l'Amoxicilline, Ticarcilline et sensible à la Gentamicine, colistine. Cependant, (Chervet, 2015) ont rapporté que la bactérie *E. coli* a une sensibilité totale à la Fosfomycine.

Des résultats différents sont rapportés par l'étude de (Chekroud et Fathi, 2017) avec une forte sensibilité pour la Céfoxitine et modérée pour la Ciprofloxacine, mais d'autres résultats concordent en ce qui concerne la résistance à la Céfazoline. A l'opposé (Beriche et Malki, 2019) a enregistré une bonne activité de Chloramphénicol sur *E. coli*.

L'émergence de la résistance d'*Escherichia coli* uropathogènes, à la triméthoprim-sulfaméthoxazole est expliquée par l'usage excessif et/ou inapproprié d'antibiotiques dans le traitement des infections urinaires. Par ailleurs, la résistance vis-à-vis de triméthoprim-sulfaméthoxazole est confirmée par (Bouarroudj *et al.*, 2016 ; El bouamri *et al.*, 2014).

#### 4. Evaluation de l'activité antibactérienne des huiles essentielles vis-à-vis des bactéries uropathogènes

##### 4.1. Caractérisations des huiles essentielles

##### 4.1.1. Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles

Les propriétés organoleptiques (l'aspect, la couleur et l'odeur) des HEs de thym, de cannelle et de persil sont rassemblées dans le **Tableau 05** et **Figure 38**.

**Tableau 05** : Les caractéristiques organoleptiques des HEs extraites.

	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Petroselinum crispum</i>	<i>Cinnamomum cassia</i>
<b>Aspects</b>	Liquide	Liquide	Liquide mobile limpide
<b>Couleur</b>	Jaune orangé	Jaune pâle	Jaune clair
<b>Odeur</b>	Caractéristique épicée très forte	Caractéristique du fruit écrasé	Caractéristique épicée, forte et piquante



*Thymus vulgaris*



*Petroselinum crispum*



*Cinnamomum cassia*

**Figure 38 :** Les huiles essentielles extraites (Photos personnelles)

Les caractéristiques organoleptiques des essences de thym, de cannelle et de persil puisées des normes AFNOR sont données dans le **Tableau 06**.

**Tableau 06 :** Les caractéristiques des HES étudiées selon les normes AFNOR.

	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Petroselinum crispum</i>	<i>Cinnamomum cassia</i>
<b>Aspects</b>	Liquide	Liquide	Liquide mobile
<b>Couleur</b>	Jaune rougeâtre	Presque incolore à jaune ambré (brunâtre)	Jaune ou brun-rouge
<b>Odeur</b>	Odeur aromatique âcre	Caractéristique du fruit écrasé	Caractéristique rappelant à celle de l'aldéhyde cinnamique

Nos huiles essentielles sont obtenues par technique d'hydrodistillation, qui est la méthode normalisée et validée pour l'extraction des huiles essentielles. Ainsi, les résultats obtenus par cette méthode suggèrent que les paramètres organoleptiques de nos huiles essentielles sont en accord avec ceux répertoriés dans les normes AFNOR.

#### 4.1.2. Rendement en HE

Les résultats de calcul des rendements obtenus lors des extractions par hydrodistillation, durant deux à trois heures sont reportés dans le **Tableau 07**.

**Tableau 07** : Rendements des huiles essentielles extraites

	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Petroselinum crispum</i>	<i>Cinnamomum cassia</i>
Rendement moyen en (%)	2,25	0,49	2,35

Une étude faite par (**Abdelli en 2017**), a permis d'obtenir des rendements moyens en HE à partir des feuilles sèches de *Thymus vulgaris* de Tlemcen et de Mostaganem, allant respectivement de 4,2% à 2,2%, donc ce résultat est relativement proche du notre (2,25%).

Une autre étude fait par (**Jordàn et al., 2006**) sur *Thymus vulgaris* d'Espagne a donné des résultats de 2,17 à 4,73%, ce résultat est proche de notre étude.

Une autre étude faite par (**Bouguerra et al., 2017**) sur *Thymus vulgaris* récoltée au nord de l'Algérie (Wilaya de Blida) correspondant à un taux relatif de 1,58%. Ce résultat est relativement plus faible par rapport au notre.

Concernant *Petroselinum crispum*, on a constaté un rendement très faible (0,49%). Ceci nous a amené à faire plusieurs extractions conduites sur un certain temps pour arriver à la quantité voulue. Ce résultat est relativement plus faible de celui de **Ouis en 2015** sur des échantillons de graines de persil provenant de la ville de Mascara (0,61%).

Une autre étude fait par **Bachir en 2020** a donné un rendement moyen en HE voisin de 1,37%.

Le rendement moyen en huile essentielle des écorces de cannelle, calculé en fonction de la matière végétale sèche, a fourni un taux d'environ (2,25%). Cette valeur est très proche de celle obtenue par (**Li et al., 2013**) comprise entre 0,72 à 3,08%. Elle reste relativement inférieure aux résultats obtenus par (**Medjani et Maguemoun, 2017**) (3,16% - 3,71% ). Une étude réalisée en Chine sur l'écorce de *C. cassia* a permis d'extraire (3,43%) d'huile essentielle de très bonne qualité. Cette différence est peut être attribuée à plusieurs facteurs, parmi lesquels les conditions climatiques et environnementales, les conditions de croissance dans les différents sites de culture, la situation géographique, la durée de séchage, les conditions de stockage de conservation et le procédé d'extraction (**Edet, 2004**).

De nombreux facteurs influencent le rendement : la teneur, les caractéristiques physico-chimiques, la composition chimique des huiles essentielles, l'espèce, les conditions environnementales, la technique d'extraction, le séchage, la période et le milieu de récolte, les pratiques culturales et l'âge du matériel végétal (Aberchane *et al.*, 2001) (Bourkhiss *et al.*, 2011).

La séparation de l'huile essentielle après sa distillation est déterminée dans une large mesure par son degré de solubilité dans l'eau. C'est ce que nous avons remarqué durant l'étape de récupération de l'huile essentielle à partir de l'hydrolysat. En effet, ce dernier contient toujours des gouttelettes que nous n'avons pas pu récupérer. Ceci peut expliquer la faible valeur en rendement obtenue dans notre étude.

#### 4.1.3. La densité absolue à 20°C

Les résultats de la détermination des densités des essences obtenues à partir des plantes étudiées sont consignés dans le **Tableau 08**.

**Tableau 08** : Résultats de la densité absolue à 20°C

	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Petroselinum crispum</i>	<i>Cinnamomum cassia</i>
Densité absolue à 20°C	0,82	0,96	1,03

Les HEs de *Thymus vulgaris*, *Petroselinum crispum* présentent des valeurs de densité inférieure à celle de l'eau « 1 ». Par contre, *Cinnamomum cassia* possède une densité supérieure à celle de l'eau et est de ce fait conforme aux résultats enregistrés par (Deschepper, 2017). En effet la densité est l'un des paramètres de pureté des HEs.

#### 4.2. L'activité antibactérienne des huiles essentielles

Dans cette étude, les activités antibactériennes des trois plantes médicinales ont été testées sur quatre bactéries uropathogènes isolées : *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp.*, *Klebsiella sp.* et *Pseudomonas sp.*

L'activité antibactérienne est effectuée par la méthode de diffusion des disques, sur un milieu gélosé solide Muller Hinton, qui permet de mesurer l'efficacité de l'extrait à inhiber la croissance microbienne *in vitro*. Ceci est possible par la mesure du diamètre des halos d'inhibition à l'extérieur de la boîte fermée.



Le classement des bactéries en sensibles ou résistantes est effectué en se basant sur les normes suivantes (Toure, 2015) :

- ✓  $D < 8\text{mm}$  : souches résistantes (-).
- ✓  $8\text{mm} \leq D \leq 14\text{mm}$  : souches intermédiaires (+).
- ✓  $14\text{mm} \leq D \leq 20\text{mm}$  : souches sensibles (++).
- ✓  $D \geq 20\text{mm}$  : souches extrêmes sensibles (+++).

#### 4.2.1. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Thym

Les résultats du test de l'effet antibactérien sont résumés dans le **tableau 09**. La différence des diamètres d'inhibition pourrait être due principalement à la composition chimique des huiles essentielle et l'activité antibactérienne de ces dernières pourrait principalement être due aux composés majoritaires.

A la sortie de l'étuve, l'absence de la croissance bactérienne se traduit par un halo translucide autour des disques. Le diamètre est mesuré à l'aide d'une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peuvent être symbolisés par des signes d'après la sensibilité des souches bactérienne vis-à-vis de l'extrait.

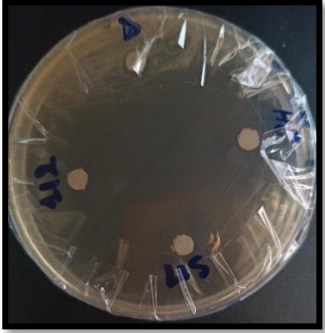

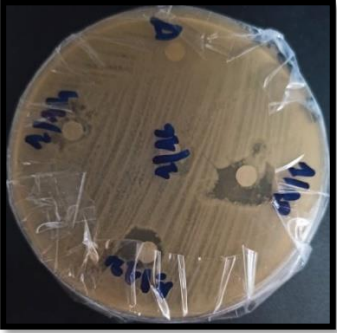
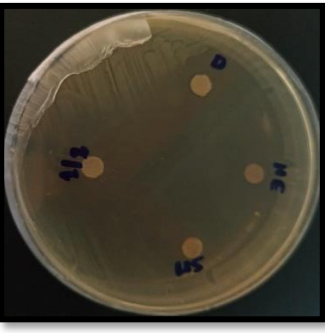
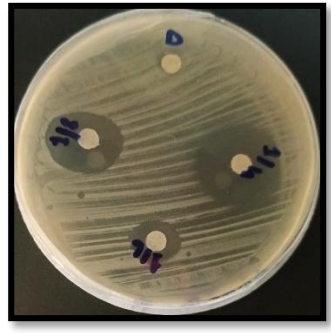
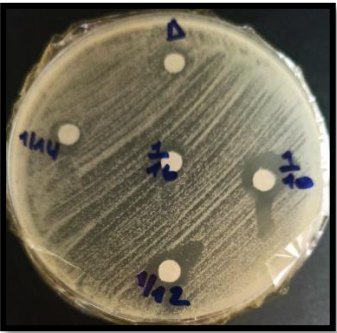
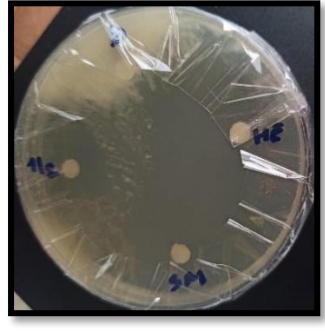
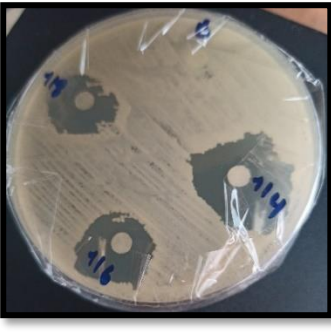

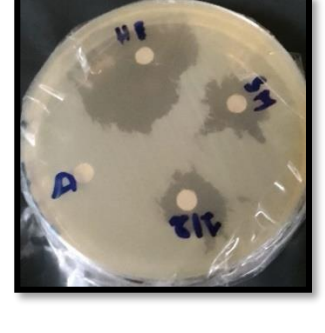


**Tableau 09** : Résultats de l'aromatogramme de HE de thym.

Souches bactériennes	Diamètre mm	Sensible	Résistante
<i>E. coli</i>	42	+++	/
<i>Staphylococcus sp.</i>	46	+++	/
<i>Klebsiella sp.</i>	30	+++	/
<i>Pseudomonas sp.</i>	36	+++	/

- L'effet de l'huile essentielle de thym sur les souches bactériennes : *E. coli*, *Staphylococcus sp.*, *Pseudomonas sp.* et *Klebsiella sp.* est positif (Sensibles).

**Tableau 10** : Activité antibactérienne de *T. vulgaris* « Thym » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm).

Souches bactériennes	SM	1/2	1/4	1/6	1/8	1/10	1/12	1/14	1/16
<i>E. coli</i>	40	25	20	15	15	14	10	8	0
<i>Staphylococcus sp.</i>	42	36	28	20	14	14	12	8	0
<i>Klebsiella sp.</i>	36	28	18	16	12	8	8	8	8
<i>Pseudomonas sp.</i>	20	18	14	14	12	0	0	0	0

Les souches	Les dilutions (HE, SM,1/2)	Les dilutions (1/4, 1/6, 1/8)	Les dilutions (1/10,1/12,1/14,1/16)
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Staphylococcus sp</i>			
<i>Klebsiella sp</i>			
<i>Pseudomonas sp</i>			

**Figure 39 :** L'activité antibactérienne du Thym vis-à-vis des bactéries uropathogènes  
(Photos personnelles)

Pour *E. coli* et *Staphylococcus sp.* : présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution (1/14) et l'absence de zone d'inhibition pour la dilution (1/16).

Pour *Klebsiella* : présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution (1/16).

Pour *Pseudomonas sp.* : présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution (1/8) et l'absence de zone d'inhibition pour les dilutions qui suivent jusqu'au (1/16). La concentration en huile essentielle a une relation avec les zones d'inhibitions. Ainsi, plus la concentration est élevée, plus la zone d'inhibition est grande.

Dans notre étude l'huile essentielle de thym, a démontré la plus grande activité antibactérienne contre les bactéries Gram positif et Gram négatif testées, et cela en accord avec (Braga *et al.*, 2007 ; Bayoub *et al.*, 2010).

L'inhibition de *Klebsiella sp.*, même à de faibles concentrations d'huile essentielle, peut s'expliquer par les phénols présents dans l'HE qui peuvent interagir avec les lipides de la membrane, ce qui peut provoquer une perturbation de la membrane cytoplasmique conduisant finalement à sa mort.

Dans une autre étude de (Martins, 2020), l'huile essentielle de thym exerce son activité bactéricide contre *E. coli* et les bactéries impliquées dans les infections urinaires, principalement grâce à ses constituants majoritaires qui sont les monoterpènes (le carvacrol , le thymol et l'hydrocarbures terpéniques) . Une fixation de ces molécules sur les membranes bactériennes provoque des altérations de structure et de perméabilité, conduisant à la perte de constituants cellulaires due à une lyse importante des cellules bactériennes.

Des résultats similaires avaient déjà été rapportés par (Al-dhaher, 2008), *Thymus vulgaris* a montré une activité antibactérienne modérée.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par (Ayola *et al.*, 2008 ; Al-Jiffri *et al.*, 2011 ; Fouad *et al.*, 2012) qui ont rapportés que le thym est le plus efficace contre *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* isolées.

#### 4.2.2. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Persil

Tableau 11 : Résultats de l'aromatogramme de HE de Persil

Souches bactériennes	Diamètre mm	Sensible	Résistante
<i>E. coli</i>	Abs	/	-
<i>Staphylococcus sp.</i>	14	++	/
<i>Klebsiella sp.</i>	Abs	/	-
<i>Pseudomonas sp.</i>	Abs	/	-

Abs=absence de zone d'inhibition

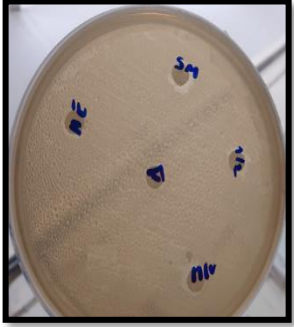
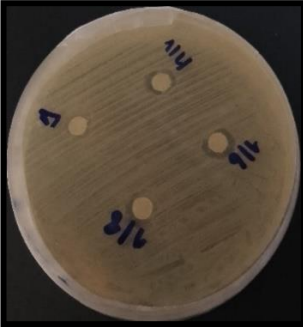
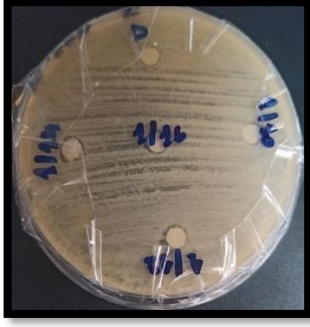
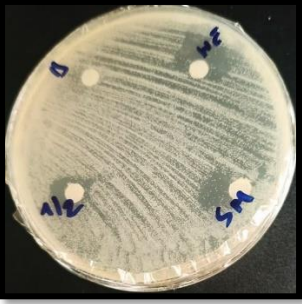
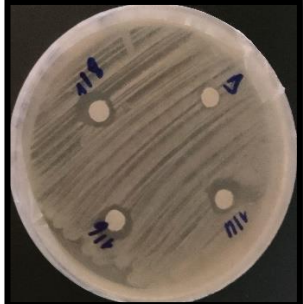
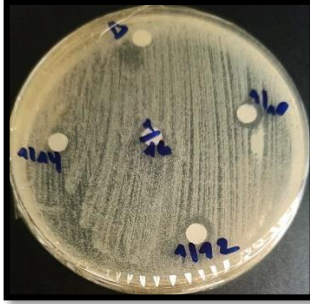
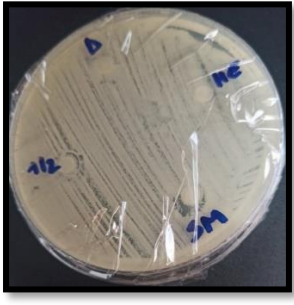

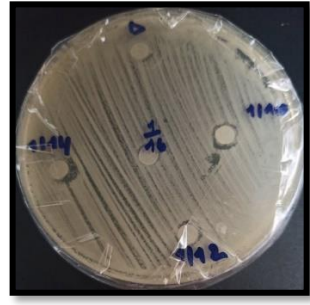
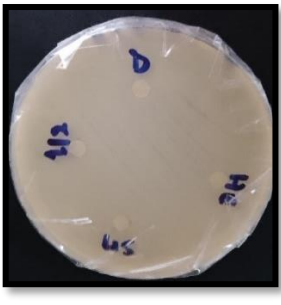
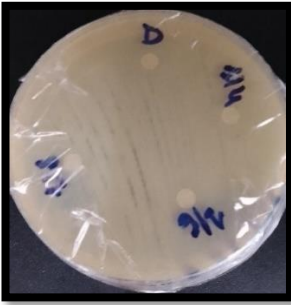
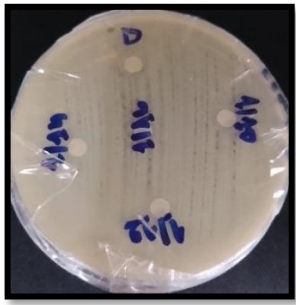
L'effet de l'extrait de Persil sur les souches bactériennes : *Staphylococcus sp.*, est positif (Sensibles). Par contre, *E. coli*, *Klebsiella sp.* et *Pseudomonas sp.* ont montré un effet négatif (Résistantes).

En ce qui concerne l'extrait brut des graines de Persil, il n'y a aucun effet par la méthode de diffusion des disques pour les trois souches : *Pseudomonas sp.*, *E. coli* et *Klebsiella sp.* Contrairement aux résultats obtenus par (Mourad *et al.*, 2016) qui trouvé que cette HE a exercé une activité antibactérienne non négligeable vis-à-vis des trois souches uropathogènes.

(Mahdi *et al.*, 2021) ont démontré presque le même résultat, *Staphylococcus sp.* était sensible à HE de persil. *Pseudomonas*, par contre a démontré un peu plus de résistance potentielle que d'autres espèces, en raison des petites molécules inhibitrices.

**Tableau 12 :** Activité antibactérienne de *Petroselinum crispum* « Persil » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm).

Souches bactériennes	SM	1/2	1/4	1/6	1/8	1/10	1/12	1/14	1/16
<i>E. coli</i>	9	8	8	8	8	0	0	0	0
<i>Staphylococcus sp.</i>	13	12	10	9	8	8	8	0	0
<i>Klebsiella sp.</i>	9	0	9	8	0	0	0	0	0
<i>Pseudomonas sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Les souches	Les dilutions (HE, SM, 1/2)	Les dilutions (1/4, 1/6, 1/8)	Les dilutions (1/10,1/12 ,1/14,1/16)
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Staphylococcus sp</i>			
<i>Klebsiella sp</i>			
<i>Pseudomonas sp</i>			

**Figure 40** : L'activité antibactérienne du Persil vis-à-vis des bactéries uropathogènes  
(Photos personnelles)

Pour *E. coli* et *Staphylococcus sp* il y'a présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution 1/8 et 1/12 respectivement et l'absence de la zone d'inhibition pour les dilutions qui suivent jusqu'au 1/16.

Pour *Klebsiella sp* il y'a présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution 1/6 et l'absence de zone d'inhibition pour les dilutions qui suivent jusqu'au 1/16.

Pour et *Pseudomonas sp* il y'a absence de zone d'inhibition dans toute la série de dilutions.

La concentration de l'huile essentielle a une relation avec les zones d'inhibitions. Ainsi, plus la concentration est élevée, plus la zone d'inhibition est grande.

Le disque DMSO n'a montré aucun effet antibactérien sur les quatre souches bactériennes confirmé par l'absence des zones d'inhibitions.

Les résultats du (Tableau 12 et Figure 40) montrent qu'à des concentrations différentes d'huile essentielle du *Petroselinum crispum* il y'a un effet inhibiteur strict sur le germe *Staphylococcus sp*. Ce dernier n'a pas un effet inhibiteur a des concentrations faibles et possède un effet modéré contre *E. coli* et *Klebsiella sp*.

Les résultats de (Alshwaikh *et al.*, 2014) ont également indiqué l'effet du persil, leurs activités les plus fortes étaient contre les coques à Gram-positif suivis des bacilles Gram-négatifs, tandis que leur effet sur *E. coli* était beaucoup moins important.

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie à Gram négatif résistante à l'huile essentielle de persil. Grâce à leur membrane bactérienne qui est riche en liposaccharides qui fournissent une surface hydrophile (Shakeri *et al.*, 2014).

L'huile essentielle de persil est un puissant diurétique principalement grâce à son constituant majoritaire qui est l'Apiol qui appartient à la famille des phénols éthers (Kone, 2018) précisément l'activité diurétique du *Petroselinum crispum* peut éliminer les bactéries adhérentes dans la membrane de la vessie.

#### 4.2.3. L'activité antibactérienne de l'huile essentielle de Cannelle

Tableau 13 : Résultats de l'aromatogramme de HE de Cannelle

Souches bactériennes	Diamètre mm	Sensible	Résistante
<i>E. coli</i>	36	+++	/
<i>Staphylococcus sp.</i>	36	+++	/
<i>Klebsiella sp.</i>	32	+++	/
<i>Pseudomonas sp.</i>	22	+++	/

L'effet de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* sur les souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp.*, *Klebsiella sp* et *pseudomonas sp.* est positif (Sensibles).

**Tableau 14 :** Activité antibactérienne de *Cinnamomum cassia* « Cannelle » par méthode de diffusion du disque dans la gélose exprimée en diamètre de la zone d'inhibition (mm).

Souches bactériennes	SM	1/2	1/4	1/6	1/8	1/10	1/12	1/14	1/16
<i>E. coli</i>	36	24	18	14	12	12	8	8	8
<i>Staphylococcus sp.</i>	36	30	20	16	14	8	8	8	8
<i>Klebsiella sp.</i>	24	18	18	14	12	10	0	0	0
<i>Pseudomonas sp.</i>	18	12	14	10	0	10	8	0	0

Pour *E. coli* et *Staphylococcus sp.* : présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution 1/16.

Pour *Klebsiella sp.* : Présence d'une zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution 1/10 et absence d'une zone d'inhibition pour les dilutions qui suivent jusqu'au 1/16.


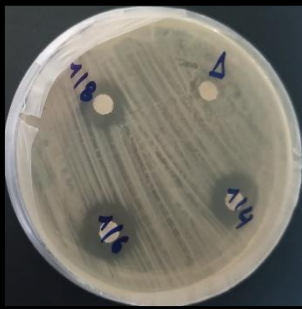

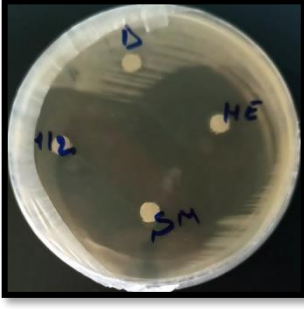
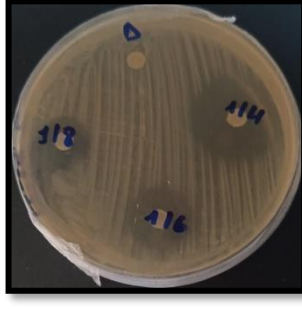

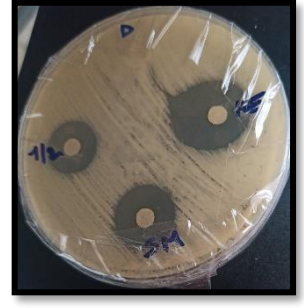
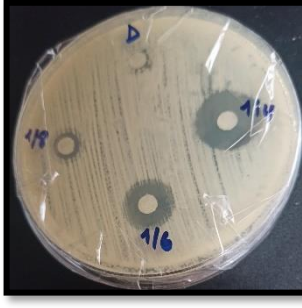
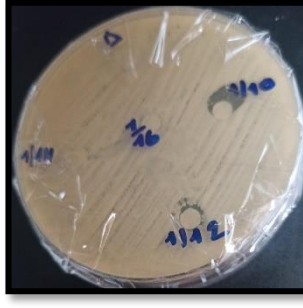
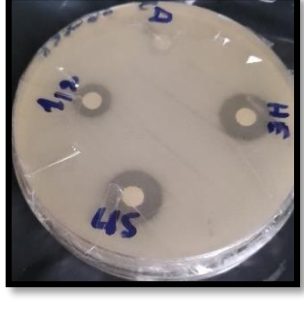
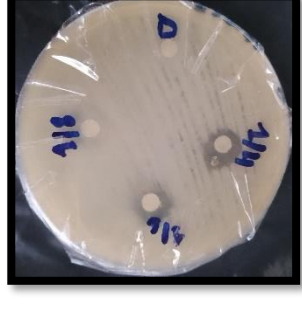
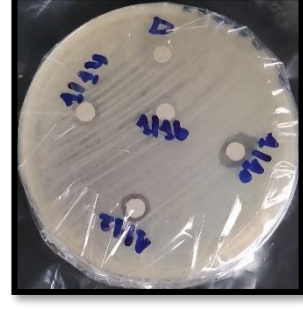
Pour *Pseudomonas sp.* : Présence de zone d'inhibition à partir de la SM jusqu'à la dilution 1/12 avec l'absence de zone d'inhibition pour la dilution 1/8, 1/14 et 1/16.

La concentration d'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* a une relation avec les zones d'inhibitions. Ainsi, plus la concentration est élevée, plus la zone d'inhibition est grande.

Les résultats obtenus montrent que l'activité antibactérienne est différente en fonction de la bactérie testée. Il s'avère que toutes les bactéries testées ont été sensibles vis-à-vis de l'huile de cannelle. Ce résultat est en accord avec la littérature (**Barbier, 2014**).

Plusieurs chercheurs ont montré une activité élevée contre *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* avec des diamètres d'inhibition très élevés (**Kaskatepe et al., 2016**).

- Cette activité est due au constituant majoritaire de l'HE de *C. cassia* : cinnamaldéhyde, qui semble inhiber la production d'enzymes par les bactéries et/ou causer des dommages à la paroi des bactéries. Le cinnamaldéhyde fait partie des aldéhydes les plus actifs contre les bactéries Gram positives et Gram négatives (**Barbier, 2014 ; Inouye et al., 2001**).

Les souches	Les dilutions (HE, SM, 1/2)	Les dilutions (1/4, 1/6, 1/8)	Les dilutions (1/10, 1/12, 1/14, 1/16)
<i>Escherichia coli</i>			
<i>Staphylococcus sp</i>			
<i>Klebsiella sp</i>			
<i>Pseudomonas sp</i>			

**Figure 41 :** L'activité antibactérienne de la Cannelle vis-à-vis des bactéries uropathogènes  
(Photos personnelles)

Les résultats obtenus du test de l'aromatogramme ont montré que les souches des bactéries isolées dans les infections urinaires présentent une sensibilité moyenne vis-à-vis de



différentes huiles essentielles, notamment celles de la cannelle de chine et l'extrait de thym. Les zones d'inhibition, pour la cannelle et le thym, sont plus élevées, sur les bactéries (*E. coli*, *Klebsiella sp.* et *Staphylococcus sp.*). Les souches ont été sensibles avec différents diamètres d'inhibition.

Une activité antimicrobienne élevée de l'huile essentielle de thym et de ses composants, en particulier le thymol et le carvacrol, a été démontrée contre *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa* et d'autres micro-organismes. Selon l'Organisation mondiale de la santé, les résidus de thymol dans les aliments sont sans danger pour le consommateur tant qu'ils ne dépassent pas 50 mg/kg. **(Mourad et al., 2016).**

Nous n'avons pas observé d'activité au niveau de l'huile essentielle de Persil, il est probable que la qualité de cette dernière a été impactée. Il est possible aussi que les souches bactériennes présentent une résistance à cette huile.

D'une façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des huiles essentielles sur les bactéries comme : la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de protons, fuite d'électrons et la coagulation du contenu protéique des cellules. Le mode d'action des huiles essentielles dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation des enzymes de la membrane, une perturbation chémo-osmotique. **(Toure, 2015).**

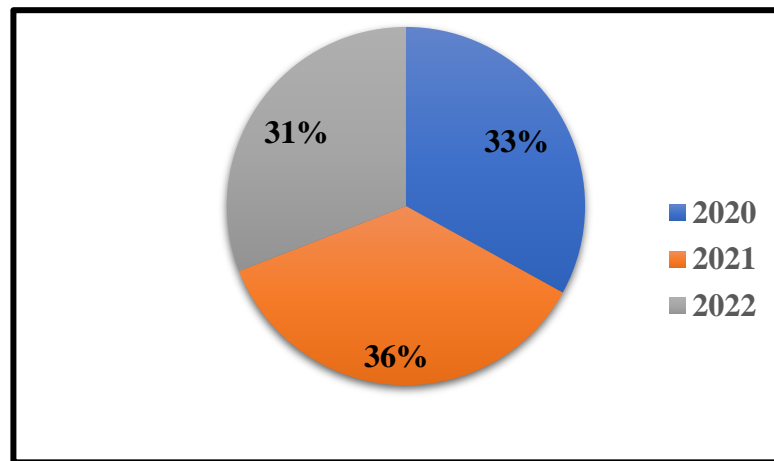
## II. Etude rétrospective

Une étude descriptive rétrospective à partir des registres de l'ECBU du laboratoire de bactériologie d'hygiène de la Wilaya de Constantine, est réalisée pour les années 2020, 2021 et 2022.

Durant cette période, **660 cas** d'ECBU positifs sont enregistrés.

### 1. Fréquence des infections urinaires

#### 1.1. Répartition des infections urinaires selon l'année



**Figure 42** : Pourcentage des infections urinaires selon l'année étudiée

D'après les résultats présentés, on remarque une prédominance des IU en 2021 (36,06%). Cette fréquence élevée est expliquée par :

✓ Affaiblissement du système immunitaire : un système immunitaire affaibli peut rendre une personne plus vulnérable à l'infection urinaire particulièrement après la période de Corona virus.

## 1.2. Répartition des infections urinaires selon les mois

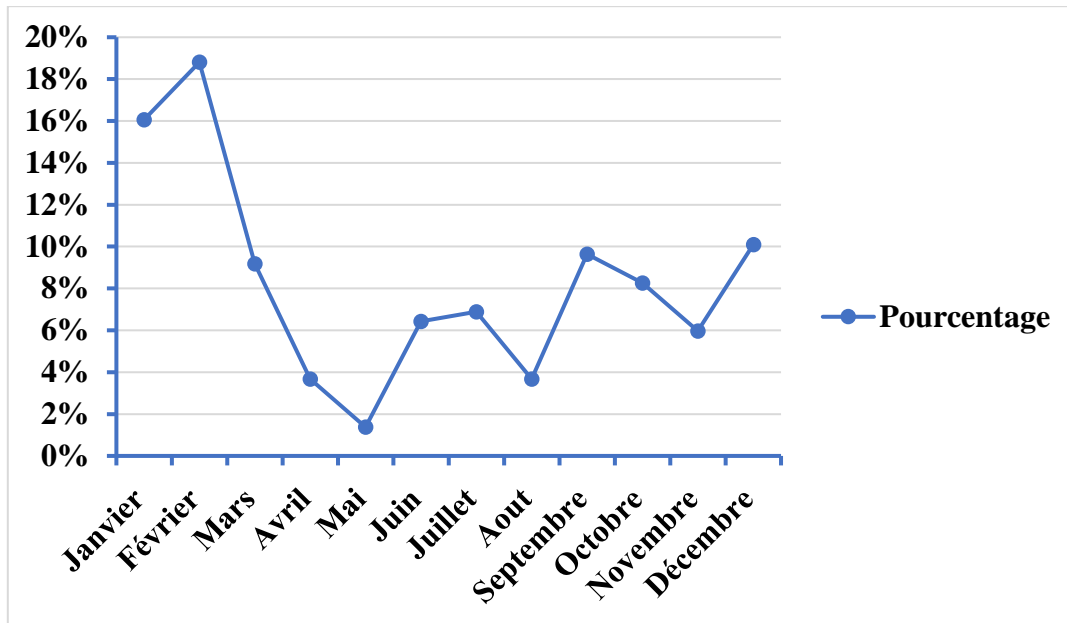


Figure 43 : Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2020

Le nombre total des ECBU positifs est de 218 cas au cours l'année 2020 ; avec des pics lors des mois de janvier (16,07 %) et février (18,81%).

Une chute est remarquée depuis le mois de mars.

Cette fréquence augmente en hiver qu'en été ce qui peut être expliqué par une hydratation insuffisante durant la saison. En effet, une mauvaise hydratation pendant l'hiver, implique que le corps produit moins d'urine et le système urinaire n'est pas suffisamment irrigué pour éliminer les germes présents. Cela entraîne la stagnation de l'urine dans la vessie, qui favorise la colonisation dans les voies urinaires puis la multiplication des bactéries, ce qui peut entraîner une infection urinaire.

Aussi, durant l'hiver, en raison des changements de température, de l'humidité et du port de vêtements plus épais, il y'a création d'environnements favorables à la croissance des bactéries, cela peut provoquer des infections.

(Bouriche et Ouraci, 2022) ont démontré presque le même résultat, avec un pic (14,75 %) durant le mois de février. Une autre étude de (Rossignol, 2015) a enregistré une augmentation hivernale des incidences des infections urinaires.

Une diminution considérable de la fréquence des infections urinaires durant les autres mois de l'année peut être influencée par plusieurs facteurs, tels que la pandémie de COVID-19. En effet, de nombreux pays ont commencé à mettre en place des mesures d'hygiène et

confinement pour limiter la propagation du virus. La sensibilisation accrue à l'importance des pratiques d'hygiène, telle que le lavage fréquent des mains, peut également avoir contribué à la diminution des cas d'infection urinaire. Ces pratiques peuvent aider à prévenir la propagation des bactéries uropathogènes.

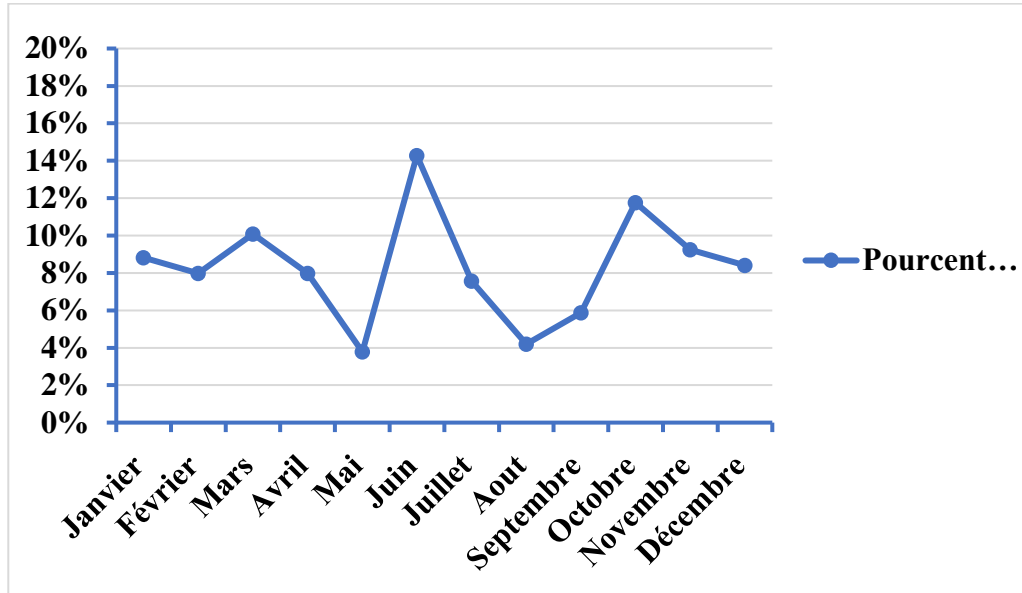


Figure 44 : Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2021

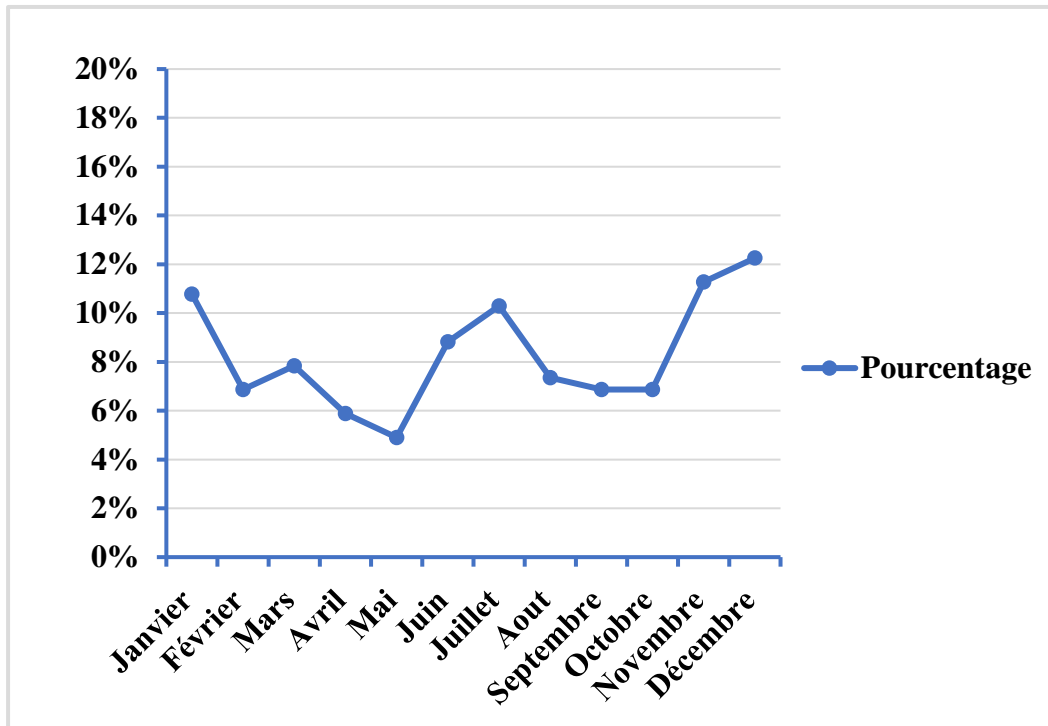
Le nombre total des ECBU positifs est de 238 cas au cours de l'année 2021 ; avec des pics lors de juin (14,29%) et octobre (11,76%).

Cette fréquence élevée en été et automne peut être expliquée par :

- ✓ Voyages et changements de routine : Pendant les mois d'été et d'automne de nombreuses personnes partent en vacances ou voyagent d'avantage. Les changements de routine, les longs trajets en voiture, les voyages en avion ou en train peuvent entraîner une perturbation de l'équilibre normal de la flore bactérienne dans le système urinaire, ce qui peut favoriser le développement d'infections.

- ✓ Comportements liés à la saison estivale : les gens ont tendance à passer plus de temps à l'extérieur, à se baigner dans des piscines, des lacs ou la mer, ou à pratiquer des activités nautiques. Ces activités peuvent entraîner une exposition accrue à des bactéries présentes dans l'eau, ce qui peut augmenter le risque d'infections urinaires. De plus, le port de maillots de bain humides pendant de longues périodes peut créer un environnement favorable à la croissance bactérienne.

Nos résultats concordent avec ceux de l'étude de (Ngwidiwo *et al.*, 2021) effectuée au Congo. Ils ont enregistré un pic durant la saison estivale très chaude.



**Figure 45 :** Evolution des ECBU positifs au cours de l'année 2022

Le nombre total des ECBU positifs est de 204 cas au cours l'année 2022. Des pics durant les mois de Janvier (10,78%), Novembre (11,27%) et Décembre (12,25%).

Ces résultats démontrent que les infections urinaires, sont plus fréquentes en hiver et au printemps et diminuent en été. Cela peut être expliqué par la bonne hydratation en été contrairement à l'hydratation en hiver, mais il est possible que le froid et l'humidité de l'hiver puissent affaiblir le système immunitaire et rendre les gens plus vulnérables aux infections.

Nos résultats sont proches de ceux de **(Benahmed, 2019)** qui a enregistré la plus grande fréquence d'infections urinaires chez les enfants en hiver, plus précisément en janvier et décembre.

### 1.3. Répartition des infections urinaires selon le sexe

**Tableau 15 :** Répartition des ECBU positifs selon le sexe

Années	2020		2021		2022	
	N=218	%	N=238	%	N=204	%
<b>Masculin</b>	82	37,61	78	32,91	60	29,41
<b>Féminin</b>	136	62,39	159	67,09	144	70,59

Les résultats obtenus montrent que dans l'ensemble des cas, il y'a prédominance du sexe féminin avec un pourcentage de (66,69%) et (33,31%) pour le sexe masculin. Cette prépondérance féminine s'explique par l'anatomie des voies urinaires. Une femme constituée d'un court urètre et d'un orifice d'environ 5 cm de long entre le clitoris et l'ouverture vaginale dans le vestibule. L'ouverture est insuffisante pour protéger contre la contamination vaginale et rectale ainsi la proximité du méat urétral de l'anus provoque une contamination microbienne, souvent avec irritation inflammatoire.

- En raison de son action sécrétoire, la prostate peut protéger les hommes. De plus, chez l'homme, le risque d'IU est augmenté en cas d'immunosuppression ou de vieillesse (âge >50 ans).

Notre étude est en accord avec (Chervet, 2015) qui ont trouvé une incidence globale d'infections urinaires presque 4 à 5 fois plus élevée chez la femme que chez l'homme.

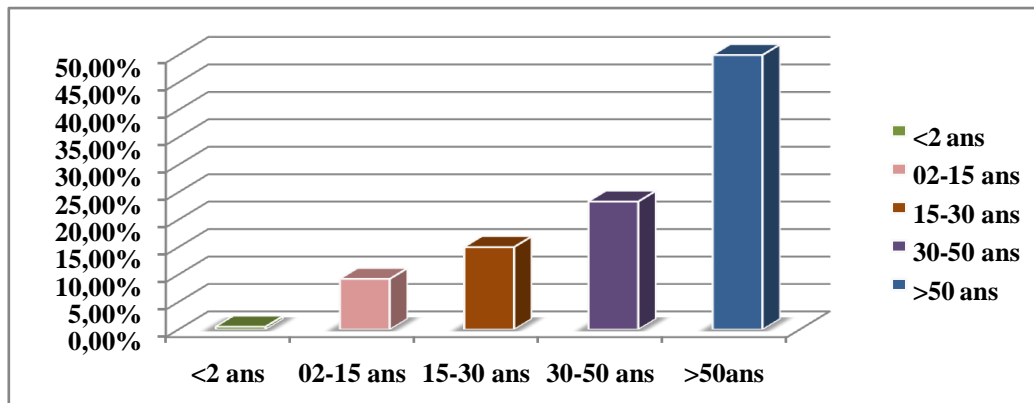
En France (Traore *et al.*, 2015) ont enregistré cette prédominance avec (52%).

#### **1.4. Répartition des infections urinaires selon la tranche d'âge**

Les résultats de l'examen cytot bactériologiques sont présentés selon les tranches d'âges (Bouriche et Ouraci, 2022).

**Tableau 16 : Répartition des ECBU positifs selon l'âge (Bouriche et Ouraci, 2022)**

<b>Age</b>	<b>Nombre de cas</b>
<2 ans	3
02-15 ans	55
15-30 ans	91
30-50 ans	153
>50 ans	302
<b>Total</b>	<b>604</b>



**Figure 46 :** Fréquence en pourcentage des ECBU positifs en fonction de la tranche d'âge (Bouriche et Ouraci, 2022)

Les résultats obtenus dans le **tableau 16** et la **figure 46**, montrent que les IU sont plus fréquentes dans les tranches d'âges de plus de 50ans (50%), et de 30 à 50ans (25,3%).

Cette fréquence est liée à plusieurs facteurs notamment :

La diminution des défenses immunitaires chez la personne âgée (Immunodépression), additionnée à d'autres facteurs de risque, rend ces patients plus vulnérables face aux infections. Cette diminution des défenses est physiologique et inévitable, de plus, plus fréquentes chez les personnes âgées ;

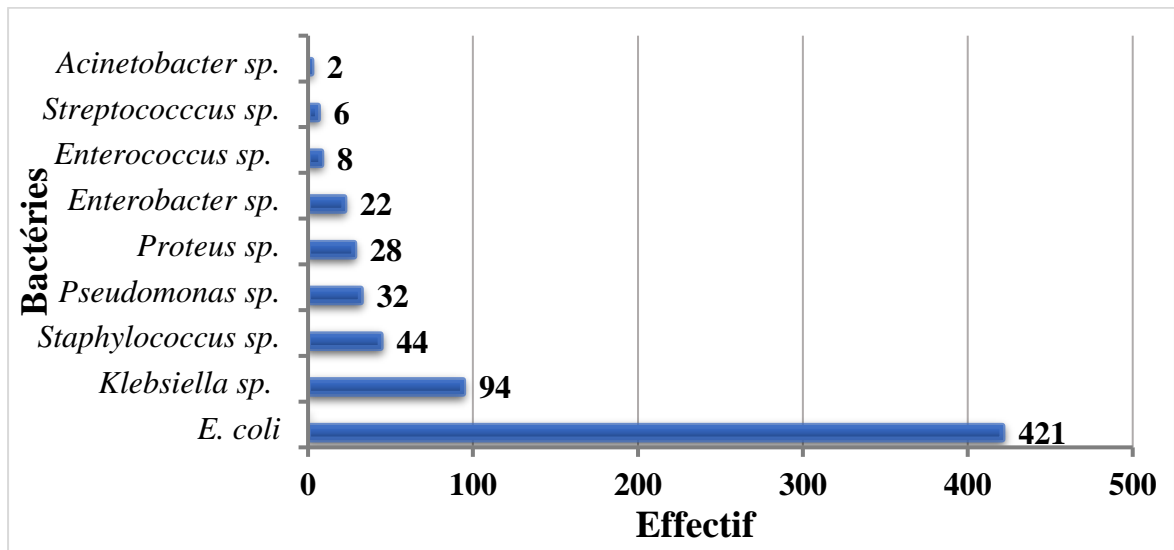
Chez les vieilles femmes ménopausées, le déficit hormonal en œstrogènes joue un rôle important dans la survenue d'IU. A la ménopause, l'atrophie des muqueuses vaginale et urétrale, aboutit à une sécheresse des muqueuses, qui favorise l'adhésion bactérienne. De même, l'augmentation du pH par diminution du taux d'œstrogène augmente le risque de cystite.

L'hypertrophie de la prostate est pour les hommes la principale cause des infections urinaires après 50 ans.

Les résultats obtenus par (Vorkaufer,2011) ont enregistré une augmentation des infections urinaires à partir de l'âge de 50 ans.

### 1.5. Répartition des infections urinaires selon le germe

D'après cette étude 657 bactéries sont isolées, les résultats sont présentés dans la **figure 47**.



**Figure 47** : Répartition globale des germes responsables d'infections urinaires durant les années 2020/2021/2022

D'après les résultats, on constate que les entérobactéries représentent le nombre le plus élevé des bactéries responsables d'infections urinaires avec une prédominance d'*E. Coli*. Cependant, nous avons remarqué que la fréquence des infections urinaires causées par *E. coli* est représentée avec un pourcentage de 64,08% par la suite nous avons identifié *Klebsiella* 14,31%.

Les infections urinaires aux Cocci à Gram positif sont moins rares, comme *Staphylocoque* qui présente une fréquence de 6,70 % et *Streptocoque* avec pourcentage de 0,91%.

D'après notre étude nous avons constaté qu'*E. Coli* est l'espèce la plus fréquente, ce qui concorde parfaitement avec d'autres résultats. Ceci ne peut s'expliquer par le fait que cette espèce est la plus dominante de la flore intestinale et qu'elle peut migrer vers l'intestin puis vers l'appareil urinaire. Un mauvais nettoyage de la partie intime peu facilement provoquer l'entrée de la bactérie dans la vessie.

Nos résultats concordent avec ceux de l'étude française de (**Arabska et al., 2022**) et celle l'étude égyptienne de (**Mourad et al., 2016**) qui ont enregistré la prédominance d'*E. coli* avec une fréquence de (82%) et (84,3%) respectivement.



Par contre (**Benhiba *et al.*, 2015**) ont obtenu des résultats différents des nôtres. Ces derniers ont enregistré une prédominance de *Klebsiella* uropathogènes (51%) et *E. coli* (26%).

---

# *Conclusion*

---

L'infection urinaire est une réalité alarmante et un vrai souci de santé. Elle est d'une extrême fréquence et représente le principal motif de prescription d'antibiotiques.

Dans ce mémoire, une étude prospective sur les prélèvements communautaires a permis de mettre en évidence les bactéries les plus incriminées dans les infections urinaires. Ces dernières sont représentées majoritairement par des bacilles à Gram négatif, avec une prédominance d'*E. coli* dans (60%) des cas. D'autres espèces comme *Klebsiella spp*, *Staphylococcus sp*, *Proteus spp* sont aussi en cause mais, avec une faible prévalence.

Les mesures d'hygiène appliquées au cours des dernières années en prévention de l'infection par le Covid 19 ont remarquablement fait baisser la fréquence des infections urinaires communautaires. Cependant, la sensibilité des souches isolées a montré une importante résistance vis-à-vis de la famille des Bêta-lactamines.

La plupart des recommandations de prévention sont basées sur de bonnes pratiques d'hygiène corporelle et journalière avec une bonne hydratation. Une réglementation et un contrôle stricts de l'hygiène en milieu hospitalier ou en milieu communautaire sont aussi recommandés. Néanmoins face à l'émergence et à la dissémination des bactéries uropathogènes multi-résistantes, ces recommandations sont de plus en plus insuffisantes et cette pathologie constitue de nos jours une menace de santé publique.

Le principal objectif assigné à cette étude était d'évaluer l'effet inhibiteur des huiles essentielles de trois plantes aromatiques, *Thymus vulgaris*, *Petroselinum crispum* et *Cinnamomum cassia* sur des souches bactériennes responsables d'infections urinaires : *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, *Klebsiella sp*, et *Pseudomonas sp*.

L'hydrodistillation à l'aide d'un hydrodistillateur de type Clevenger, méthode de choix pour l'extraction des HEs, nous a permis de montrer que l'écorce de cannelle et les feuilles de thym sont riches en essence avec des rendements moyens respectifs de (2,35%) et (2,25%). Un faible rendement est par contre attribué aux graines de persil avec une valeur de (0,49%).

Les huiles essentielles ont montré une sensibilité intéressante vis-à-vis des bactéries uropathogènes, notamment l'huile essentielle de thym et de cannelle qui ont prouvé une forte activité *in vitro* contre les souches testées. L'inhibition de la croissance varie en fonction de l'espèce bactérienne et de la nature des huiles volatiles testées. Leur utilisation reste un bon moyen pour prévenir et traiter les infections urinaires mais doit être envisagée avec prudence et en complément des traitements médicaux appropriés.

Face à des résultats aussi intéressants et prometteurs, nous préconisons d'introduire les huiles essentielles testées dans le traitement des infections uropathogènes de préférence en mélange avec d'autres essences pour pallier à l'usage des antibiotiques. Nous recommandons, par ailleurs, d'appliquer les huiles essentielles extraites de plantes aromatiques comme huile de massage sur la partie pelvienne en mélange particulièrement pour les cystites récidivantes comme traitement ou comme moyen prophylactique.

En perspectives, des expériences supplémentaires telles que l'étude synergétique par combinaison des huiles essentielles extraites à partir de différentes plantes médicinales devraient être réalisées. Ensuite, une caractérisation des molécules responsables des activités antibactériennes est aussi à envisager. Finalement, il serait fort intéressant de compléter cette étude *in vitro* par une expérience *in vivo*.

---

*Références  
bibliographiques*

---

**A**

- **Ababsa, A., et Belloula, B. (2020).** Évaluation de l'antibiorésistance des entérobactéries en milieu hospitalier. Mémoire de master en Microbiologie Appliquée. Université Larbi Ben M'Hidi Oum El Bouaghi, Algérie.
- **Abbott, L. (2007).** *Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter, Serratia, Plesiomonas, and other Enterobacteriaceae.* Manual of Clinical Microbiology. 698-711.
- **Abdelli, W. (2017).** Caractérisation chimique et étude de quelques activités biologiques des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et de *Thymus vulgaris*. Thèse de Doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Algérie.
  
- **AFNOR, (2000).** Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome1) – Monographies relatives aux huiles essentielles, 2(1-2).
  
- **AFNOR, (1986).** Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris
- **Ait Miloud, K. (2011).** Thèse de doctorat en pharmacie. L'infection urinaire: Expérience du laboratoire de microbiologie de l'hôpital des spécialités de Rabat, Maroc.
  
- **Alechinsky-Yildiz, L., Audenet, F., Audouin, M., Bensalah, K., Billault, C., et Boissier, R. (2018).** Urologie : Réussir les ECNi (4e éd). Elsevier Health Sciences.
- **Alexandra, M. (2020).** Les huiles essentielles antibactériennes. Exemple du thym (thymus). Sciences pharmaceutiques.
- **Alshwaikh, R., Abdullah, M., Al-Sorchee, M.A., Ali, KA et Al Beer, W. (2014).** Antibacterial activity of parsley and celery aqueous extract on the isolated bacteria from children UTI in Erbil city. *International Journal of Advanced Research*, 2(9), 895-903.
- **Alvarez-Artero, E., Campo Nuñez, A., Garcia Garcia, I., Garcia Bravo, M., Cores, O., Galindo Perez, I. et Pardo Lleidas, J. (2020).** "Urinary Tract Infection Caused By *Enterococcus Spp*: Risk Factors And Mortality. An Observational Study." Sous licence Creative Commons Attribution ,01-18.
- **Arabska, M., Girardin M-L, Long, L., Grillon, A., et Zalozyc, A. (2022).** Profils de résistance des germes responsables d'infections urinaires fébriles de l'enfant et protocoles d'antibiothérapie probabiliste. Une étude épidémiologique au CHRU de Strasbourg et CH de Saverne sur 2019–2020. *Néphrologie et thérapeutique.* (18). 129-135.

**B**

- **Bachir, N. (2020).** Contribution à l'étude des propriétés des huiles essentielles extraites à partir des plantes médicinales utilisées contre l'anémie. Mémoire de master en Chimie Pharmaceutique. Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie.
- **Baliere, C. (2016).** Les Escherichia coli potentiellement pathogènes dans l'environnement littoral. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne occidentale. Ecole doctorale des sciences de la mer. Université de Bretagne occidentale.
- **Baquer, F., Giraudon, E., et Jehl, F. (2021).** Bactéries multirésistantes et hautement résistantes émergentes : définition et mécanismes de résistance d'intérêt épidémiologique. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2021(537), 28-36.
- **Barbier, C. (2014).** L'huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*). Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Picardie Jules Verne : Amiens, France.
- **Barbut, F. (2011).** Les infections en 2011. Bilans nosocomiales et perspectives de l'adulte. Dossier Scientifique. *Hyg Infect Nosoc*, 54-58.
- **Barros, M., Martinelli, R., et Rocha, H. (2009).** "Enterococcal Urinary Tract Infections in a University Hospital: Clinical Studies". *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, (13), 294-296.
- **Belbel, Z. (2014).** Evaluation de la résistance aux antibiotiques des souches *Klebsiella pneumoniae* isolées dans les hôpitaux de la ville d'Annaba. Thèse De Doctorat. Université de Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- **Belheine, I., et Bouziour, Dj. (2020).** Microbiologie et traitement antibiotique du pied diabétique infecté. Mémoire de master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
- **Bellal, M., et Benzaid, H. (2016).** Bandelettes réactives et infections urinaires. Mémoire de master en Biochimie Moléculaire et Santé. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
- **Benahmed, M. (2019).** Etude sur les infections urinaires à entérobactéries et les uropathies malformatives de l'enfant. Mémoire de master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
- **Benbrahim, C. (2021).** Evaluation in vitro de l'activité antibactérienne des extraits des plantes aromatiques sur *Klebsiella pneumoniae* productrice de  $\beta$ -lactamase à spectre élargi. Thèse De Doctorat. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- **Benhiba, I., Bouzekraoui ,T., Zahidi ,J.(2015).** Epidémiologie et antibio-résistance des infections urinaires à entérobactéries chez l'adulte dans le CHU de Marrakech et implication thérapeutique.

- **Benouar, H. (2018)**. Examen cytot bactériologique des urines pratiqué au niveau de l'Hôpital de Benzerdjeb. Ain Temouchent, Algérie.
- **Benzeghadi, H., et Karim, K. (2015)**. Les infections urinaires chez les nourrissons. Thèse en médecine. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- **Beriche, A., et Malki, L. (2019)**. Les infections urinaires. Contribution à la recherche des espèces multi-résistantes (CHU- Nadir Mohamed- Tizi Ouezou). Thèse de doctorat en pharmacie. Université Akli mohand Oulhadj. Bouira, Algérie.
- **Berthélémy, S. (2014)**. Une patiente souffrant d'une infection urinaire. Actualités Pharmaceutiques, 53(536), 41-44.
- **Biquand, A. (2017)**. Les infections à *Pseudomonas aeruginosa* et leurs traitements en 2017. Thèse de diplôme en pharmacie. Université de Rennes 1.
- **Bouarroudj, Y., et Boutebza, F. Z. (2015)**. Les infections urinaires. Mémoire de Master en Ecologie Microbienne. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie
- **Boughachiche, R., et Sebais, S. (2016)**. Caractérisation morphologique, biochimique et mutagénèse des *Klebsiella pneumoniae* au CHU de Constantine. Mémoire de master en Génétique Moléculaire. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
- **Bouguerra, N., Djebbar, F.T., Soltani, N. (2017)**. Algerian Thymus vulgaris essential oil: Chemical composition and larvicidal activity against the mosquito Culex pipiens.
- **Bouriche, R., et Ouraci, A. (2022)**. Caractéristiques bactériologiques et épidémiologiques des bactéries uropathogènes isolées au laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine. Mémoire de master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
- **Bourkhiss, M., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., Satrani, B. (2010)**. Propriétés antioxydants et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de tetraclinis articulata. Mémoire de master Maroc. ndedition, CRC Press, 330p
- **Bourquia, A. (2016)**. La bandelette urinaire : un examen simple et très utile. Espérance Médicale. 23(219),171-172.
- **Bruneton, J. (2009)**. Pharmacognosie Phytochimie. Plantes médicinales. 4ième édition. Lavoisier. Paris.
- **Bruyere, F. (2010)**. Prostatite aigüe bactérienne chez l'homme adulte. *Prog Urol*. 815-817.



- **Bruyère, F., Cariou, G., Boiteux, J-P., Hoznek, A., Mignard, J-P., Escaravage, L., Bernard, L., Sotto, A., Soussy, C-J., et Coloby, P. (2008).** Recommandation du comité d'infectiologie de l'AFU. Prostatites aiguës. *Prog Urol*, (18), 19-23.

- **Burt, S. (2004).** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223-253.

## **C**

- **Cariou, G. (2012).** Gérer une sonde vésicale à demeure. *La Revue du praticien. Médecine générale*, (886), 602-603.

- **Caron, F. (2002).** Physiopathologie des infections urinaires nosocomiales. Elsevier. (33). 438-446.

- **Caron, F., Galperine, T., Etienne, M., Merens, A., Flateau, C., Azria., R et Bonacorsi, S. (2015).** Diagnostic et antibiothérapie des infections urinaires bactériennes communautaires de l'adulte. Société de pathologie infectieuse de langue française (SPILF).

- **Chekroud, R., et Fathi, R. (2017).** Etude du profil bactériologique et de la sensibilité aux antibiotiques des entérobactéries responsables des infections urinaires. Mémoire de master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

- **Chervet, D. (2015).** Infections urinaires en ville : Description de la population et épidémiologie actuelle des résistances bactériennes. Thèse de doctorat. Université Paris Descartes, France.

- **Claire, W. (2013).** Fluoroquinolones. Interne-Service Maladies Infectieuses, Pr Stahl, Grenoble. [www.infectiologie.com/...grenoble/2013-DUATB-Grenoble-Fluoroquino](http://www.infectiologie.com/...grenoble/2013-DUATB-Grenoble-Fluoroquino).

- **Clere, N. (2017).** Prise en charge officinale des infections urinaires chez la femme. *Actualités pharmaceutiques*, 56(562), 39-41.

- **Couic-Marinier, F. (2018).** Les huiles essentielles en pratique, administration et précautions d'emploi. *Actualités pharmaceutiques*, 57(580), 26-29.

- **Couic-Marinier, F., et Lobstein, A. (2013).** Composition chimique des huiles essentielles. *Actualités pharmaceutiques*, 52(525), 22-25.

## **D**

- **Daniel J., Thirion, G., David, W .** Les infections urinaires : une approche clinique ( 36). 1-10.

- **Delhaye, E. (2021).** Infections Urinaires, Service des maladies infectieuses, HUG.

## *Références bibliographiques*

- **Demoré, B., Grare, M., et Duval, R. E. (2018).** Généralités sur les antibiotiques par voie systémique et principes d'utilisation.
- **Deschepper, R. (2017).** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat. Université Aix-Marseille, France.
- **Diallo, A. (2013).** Escherichia coli pathogènes et résistantes aux antibiotiques dans les effluents d'origine humaine et animale. Prévalence et caractérisation avant et après traitement épuratoire. Thèse de Doctorat. Université Toulouse III, France.
- **Djennane, F., Marzouk, M., Ben moussa, F., et Boukadida, J. (2009).** Examen Cytobactériologique des Urines. Institut Pasteur d'Algérie Techniques Microbiologique.
- **Djouadi, N., et Saadi, A. (2017).** La pyélonéphrite aigue de l'adulte. Aspects diagnostiques et thérapeutiques. Thèse de doctorat en médecine. Université de Bejaïa, Algérie.
- **Drai, J., Bessede, T., et Patard, J. J. (2012).** Prise en charge des pyélonéphrites aiguës. *Progrès en urologie*, 22(14), 871-875.
- **Dublanchet, A, et Patey, O, (2011).** Phagothérapie, experience personnelle alternative ou complement a l'antibiothérapie, centre hospitalier intercommunal de Villeneuve St Georges.
- **Dublanchet, A. (2014).** Qu'est-ce que la phagothérapie ?. *Hegel*, 4(4), 354-370.
- **Duhamel, M. (2013).** Les infections urinaires chez la femme : conseils à l'Officine. Thèse de diplôme en pharmacie. Université de Rouen UFR de Médecin et de Pharmacie, France.
- **Dupin, N., Janier, M., Bouscarat, F., Milpied, B., Vexiau-Robert, D., et Dupuis, F. (2006).** Infection à Chlamydia trachomatis. *In : Annales de dermatologie et de vénéréologie*. Elsevier Masson, 133(8-9), 13-14.

## **E**

- **Edet, F. (2004).** La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- **El bouamri, M.C., Arsalane, L., Kamouni, Y., Yahyaoui, H., Bennouar, N., Berraha, M., et Zouhair, S. (2014).** Profil actuel de résistance aux antibiotiques des souches d'*Escherichia coli* uropathogènes et conséquences thérapeutiques. *Progrès en urologie*, 24(16), 1058-1062.
- **El Fertas Aissani, R., Messai, Y., Alouache, S., Bakour, R. (2012).** Virulence profiles and antibiotic susceptibility patterns of Klebsiella pneumoniae strains isolated from different clinical specimens. PATBIO 3048.
- **Emonet, S., Harbarth, S., et Van Delden, C. (2011).** Infection urinaire de l'adulte. *Rev Med Suisse*, (7), 912-6.

## **F**

- **Fourcade, J. (2006)**. Module intégré C Néphrologie : Infections des voies urinaires de l'adulte (1) étude clinique, Faculté de Médecine Montpellier-Nîmes, France.
- **François, A., Brandstätter, H., Bréchet, A.C., et Huttner, A. (2013)**. Infections urinaires, Hopitaux Universitaires Genève. Genève, Suisse.

## **G**

- **Gaborieau, B. (2015)**. Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de Vienne. Thèse de diplôme en pharmacie. Université de Poitiers, France.
- **Garnotel, E., Astier, H., Surcouf, C., Bayette, J., Bouige, A., Dieudonné, A., Galinier, J.-L., Hance, P., Payro, G., Thierry, J., et Mouy, D. de. (2017)**. Sensibilité aux antibiotiques d'*Escherichia coli* isolé des infections urinaires communautaires : Étude AFORCOPI-BIO, 2015. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2017(496), 66-73.
- **Gazzah, M. (2018)**. L'antibiothérapie des infections à staphylocoques. Publications de Formation en médecine d'urgence.
- **Géa, A., et Banel, P. (2022)**. Physiologie des huiles essentielles : Comment les huiles essentielles agissent sur les différents systèmes de l'organisme ? Paris, France : Dunod.
- **Gerhardt, P., Dupin, N., Janier, M., Lassau, F., Passeron, A., et Milpied, B. (2016)**. Urétrite masculine. In *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*, 143(11), 752-755. Elsevier Masson.
- **Goetz, P., et Ghédira, K. (2012)**. Phytothérapie anti-infectieuse. Springer Science & Business Media. 394.
- **Guinoiseau, E. (2010)**. Molécules antibactériennes issues d'huiles essentielles : séparation, identification et mode d'action. Thèse de doctorat. Université de Corse, France.
- **Guy Albert, K. (2008)**. Mémoire L'étude bactériologique des infections urinaires au centre Pasteur du Cameroun.

## **H**

- **Hamraras, D., et Azerine, F., (2015)**. Etude physiopathologique des infections urinaires. Mémoire de master en biologie. Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et de la terre. Université Djelali Bounaama Khemis Miliana, Algérie.

## **I**

- **Iacobelli, S., Bonsante, F., et Guignard, J. P. (2009).** Infections urinaires en pédiatrie. *Archivde pédiatrie*, 16(7), 1073-1079.

## **J**

**Jiminer, A., Martinez, R., Garcia, R., León-Diaz, R., Aluna-Herrera, J., Molina – Salinas, G., et Saïd-Fernández, S. (2006).** Thymus vulgaris as a potential source of anti tuberculosis compounds. *Pharmacology online*. (3 ): 569-574

- **Jordán, M.J., Martínez, R.M., Goodner, K.L., Baldwin ,E.A., Sotomayor, J.A. (2006).** Seasonal variation of Thymus hyemalis Lange and Spanish Thymus vulgaris.

## **K**

- **Kalembe, D., et Kunicka, A. (2003).** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current medicinal chemistry*, 10(10), 813-829.

- **Kaloustian, J., Hadji-Minaglou, F. (2013).** La connaissance des huiles essentielles: Qualitologieet aromathérapie : Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Springer Science & Business Media, 226p

- **Kim, B.N., Kim, N.J., Kim, M.N., Kim, Y.S., Woo, J.H., Ryu, J. (2003).** Bacteraemia due to Proteus: a review of 132 cases during a decade (1991-2000). *Scandinavie Journal of Infectieuse Diseases*. 35(2), 98-103.

- **Kone, K. P. F. O. (2018).** Applications des techniques de chromatographie et de spectroscopie dans l'identification des métabolites secondaires de trois plantes antidiabétiques et antihypertensives de la pharmacopée ivoirienne. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique Felix Houphoët Boigny-Yamoussoukro.

## **L**

- **Lagha, N. (2015).** Etude de la résistance aux antibiotiques des entérobactéries productrices de  $\beta$ -lactamases à spectre étendu (BLSE) isolées de l'hôpital de Laghouat. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers. Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, Algérie.

- **Lardry, J. M., et Haberkorn, V. (2007).** L'aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, la revue*, 7(61), 14-17.

- **Li, Y., Kong, D., et Wu, H. (2013).** Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC-MS and FTIR spectroscopy. *Industrial Crops and Products*, 41, 269-78.

## **M**

- **Mabberley, D.J. (1997).** The plant-book: A portable dictionary of the vascular plants. Cambridge University Press, 858p
- **Mach, F., Marchandin, H., et Bichon, F. (2020).** Traitement et prévention des infections urinaires. *Actualités Pharmaceutiques*, 59(598), 48-52.
- **Mahdi, A., Aimer, R., et Bendjeddou, W. (2021).** Etude de l'activité antibactérienne et antifongique des huiles essentielles de quelques plantes de la famille des Apiaceae. Mémoire de master en Biodiversité et Physiologie Végétale. Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, Algérie.
- **Maleb, A., Lahrache, K., Lamrabat, S., Rifai, S., Rahmani, N., Bensalah, M., Oulali, N., Belahcen, M., Amrani, R., Messaoudi, S., Benajiba, N., Rkain, M., Babakhouya, A., Benaissa, E., Lahlou, Y. B., Frikh, M., et Elouennass, M. (2019).** Les infections urinaires infantiles au centre hospitalier universitaire Mohammed VI d'Oujda (Maroc). *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 32(6), 322-329.
- **Martins, A. (2020).** Les huiles essentielles antibactériennes : exemple du thym (thymus). Thèse de doctorat. Université de Picardie Jules Verne UFR de Pharmacie, France.
- **Messai, A. (2006).** Analyse critique des pratiques de l'antibiothérapie en élevages avicoles.
- **Mirabaud, M. (2003).** Entérobactéries à beta-lactamases à spectre élargi en pédiatrie en 1996. Thèse de Doctorat en médecine. Faculté de médecine. Université de Genève.
- **Mondiale de la Santé, O. (2019).** La résistance aux antibiotiques des bactéries constitue aujourd'hui l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale.
- **Morales, R. (1997).** Synopsis of the genus *Thymus* L. In the Mediterranean area. *Lagascalia*, 19(1-2). 249-262p
- **Mourad, M. H., Abdel-Rahman, S. S., Elaasser, M. M., Safwat, N. A., et Ibrahim, M. Y. (2016).** Antibacterial activity of certain medicinal plant and their essential oils on the isolated bacteria from UTI patients. *Int. J. Adv. Res*, 4(12), 1510-1530.
- **Muylaert, A., et Mainil, J. (2013).** Résistance bactériennes aux antibiotiques, les mécanismes et leur « contagiosité ». In *Annales de Médecine vétérinaire*, (156), ULg-Université de Liège, Belgium.

## **N**

- **Ngwidiwo J-B, - Nkanga M-S, Munzengi V-S et Epombo E. (2021).** Séries temporelles : déterminants pathologiques des examens cytochimiques d'urines et infection urinaire entre

2011-2014 aux cliniques universitaires de Kinshasa. *The pan african medical journal*. 2021. 40 : 211.

- **Nikaido, H. (2009)**. Multidrug resistance in bacteria. *Annual review of biochemistry*, 78, 119-146.

- **Nouhoum, N. (2007)**. Etude de l'examen cyto bactériologique des urines au laboratoire d'analyse médicale à l'hôpital Nianankoro Fomba de Segou. Thèse de doctorat en pharmacie. Faculté de médecine de pharmacie et d'odonto-stomatologie, Université de Bamako, Mali.

- **Nouri, M., et Ziadi Chibane, F. (2015)**. Etude bactériologique et résistance Microbiologie et antibiotiques *Klebsiella pneumoniae*. Mémoire de master en Génétique Moléculaire. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

## **O**

- **Ouis, N. (2015)**. Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fe nouil et de persil. Thèse de Doctorat. Université d'Oran 1, Algérie.

## **P**

- **Panda, S.S., Singh, K., Pati, S., Singh, R., Kant, R., et Dwivedi, G.R. (2022)**. *Pseudomonas aeruginosa*: Pathogenic Adapter Bacteria. In Kumar, V., Shriram, V., Paul, A., Thakur, M., (Eds.), *Antimicrobial Resistance: Underlying Mechanisms and Therapeutic Approaches*. (113-135). Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd.

- **Patterson, M. J. (1996)**. Streptococcus. *Medical Microbiology*. (4 e éd).

- **Peter, K.V. (2004)**. Handbook of herbs and spices. Elsevier. 376p.

- **Pharmacopée européenne**. 2008. 6ème édition.

- **Pourcine, F. (2010)**. Néphrologie. Elsevier. Paris, France.

- **Poirel, L. (2018)**. Antimicrobial Resistance in Escherichia coli. *Microbiol Spectr*. 2018 Jul.6(4).

- **Prasanth Reddy, V., Ravi Vital, K., Varsha, P. V., et Satyam, S. (2014)**. Review on *Thymus vulgaris* traditional uses and pharmacological properties. *Med Aromat Plants*, 3(164), 2167-0412.

- **Prescott, L.M., Haley, J.P., Klein, D.A., Back-Calberg, C., Dusart, J. (2003)**. Microbiologie. 2 ème édition. Bruxelles de Boeck. 44.

## **Q**

- **Quincampoix, J. C., et Mainardi, J. L. (2001)**. Mécanismes de résistance des Cocci à Gram positif. *Réanimation*, 10(3), 267-275.

## **R**

- **Rahal, K., Benslimani, A., Tali-Maamar, H., Missoum, M. F. K., Kechih-Boumar, S., et Ammari, H. (2011).** Standardisation de L'Antibiogramme a l'échelle Nationale (Médecine Humaine et Médecine Vétérinaire). 6ème Edition
- **Raghavan, S. (2006).** Handbook of spices, seasonings, and flavorings. 2
- **Rao, P. V., et Gan, S. H. (2014).** Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014.
- **Rossignol, L. (2015).** Épidémiologie des infections urinaires communautaires. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie, France.

## **S**

- Saadoun, M. (2020).** Épidémiologie et niveau de résistance des bactéries responsables des infections urinaires à Béni Mella. Thèse De Doctorat en médecine. Université de Marrakech.
- **Schmiemann, G., Kniehl, E., Gebhardt, K., Matejczyk, M.M., Hummers-Pradier, E. (2010).** The diagnosis of urinary tract infection a systematic review. *Deutsches Ärzteblatt International*, 107(21), 361.
- **Schultz-Ascensio, E. (2018).** Diffusion d'ilots génomiques de multi résistance aux antibiotique chez *Proteus mirabilis*. Thèse De Doctorat en Infectiologie et Vaccinologie. Université de Lyon, France.
- **Sekhri, A. N. (2011).** Fréquence et marqueurs épidémiologiques de *Klebsiella pneumoniae* dans les services à haut risque infectieux au niveau du CHU Benbadis de Constantine. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine, Algérie.
- **Sekhsokh, Y., Chadli, M., et El Hamzaoui, S. A. (2008).** Fréquence et sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées dans les urines. *Médecine et maladies infectieuses*, 38(6), 324-327.
- **Shakeri, A., Khakdan, F., Soheili, V., Sahebkar, A., Rassam, G., et Asili, J. (2014).** Chemical composition, antibacterial activity, and cytotoxicity of essential oil from *Nepeta crainica* L.spp. *kopetdaghensis*. *Ind. Crop. Prod.*, (58), 315-321.
- **Soto-Mendivil, E.A, Moreno-Rodriguez, J.F., Estarron-Espinosa, M., Garcia-Fajardo, JA., et Obledo-Vazquez, E.N (2006).** Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* against *Alternaria citri*- E-Gnosis. (4). N° 16.
- **Souailah, I., et Mousaoui, Y. (2017).** Infection urinaire chez l'enfant. Mémoire de Doctorat en médecine. Faculté de médecine. Université de Abderrahmane Mira Bejaia, Algerie.

- **Stratakos, A., Koidis, A. (2016).** Methods for Extracting Essential Oils. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, Academic Press, Cambridge. 31-38.

## **T**

- **Terki Hassaine, S. (2016).** Diagnostic bactériologique des infections urinaires à *Pseudomonas aeruginosa* dans les services de réanimation et d'urologie au niveau du C.H.U de Tlemcen. Mémoire de master en Microbiologie. Université de Tlemcen, Algérie

- **Touhami, A. (2017).** Etude chimique et microbiologique des composants des huiles essentielles de différents genres *Thymus* récoltées dans les régions de l'Est Algérien pendant les deux périodes de développement. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar Annaba, Algérie.

- **Toure, D. (2015).** Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat. Université Felix Houphoet Boigny, Côte d'Ivoire.

- **Toutou Sissoko, M. (2006).** Infections urinaires à Bamako : aspects épidémiologiques, bactériologiques et cliniques. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako, Mali.

- **Traore, H., Emal, V., et Fongoro, S. (2015).** Infections urinaires dans le service de néphrologie. *Néphrologie et thérapeutique*, (11), 365.

## **V**

- **Vorkaufe, S. (2011).** Les infections urinaires communautaires bactériennes de l'adulte : prise en charge diagnostique et thérapeutique. Résultats de deux tours d'un audit clinique réalisé par 66 médecins généralistes lorrains. Thèse de doctorat. UHP-Université Henri Poincaré.

## **W**

- **Wilson, R. (2002).** Aromatherapy: Essential oils for vibrant health and beauty. Penguin edition, 340p

## **Y**

- **Yabi Foua Achille, R. (2006).** Profil Antibiotiques des bactéries responsable d'infection urinaire communautaire. Thèse de doctorat en Pharmacie. Université Bamako, Mali.

- **Yala, D., Merad, A.S., Mohamedi, D., et Ouar Korich, M.N. (2001).** Classification et mode d'action des antibiotiques. *Médecine. Maghreb*.

## **Z**

- **Zitti, T. G. Z. (2014).** Mise en place de la surveillance des résistances aux antibiotiques des germes responsables d'infections urinaires dans le laboratoire Rodolphe Mérieux. Thèse de



doctorat en pharmacie. Faculté de pharmacie ; Université des sciences des techniques et des technologies Bamako, Mali.

## **Webographie**

**Anonyme 01 :** Compus de Microbiologie Médicale : Streptocoques-Entérocoques.

Disponible sur : <http://www.microbes-edu.org/etudiant/streptocoques.html>

**Anonyme 02 :** [http://www.fnec.fr/IMG/pdf/F2\\_Staph.pdf](http://www.fnec.fr/IMG/pdf/F2_Staph.pdf)

**Anonyme 03 :**

[https://www.cpiasauvergnerhonealpes.fr/animation/riphh\\_rephh\\_emh/2020/03\\_02\\_20/1.3\\_eau\\_antibioresistance.pdf](https://www.cpiasauvergnerhonealpes.fr/animation/riphh_rephh_emh/2020/03_02_20/1.3_eau_antibioresistance.pdf)

**Anonyme 04 :** <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-persil-18015/>

**Anonyme 05 :**

<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-185-persil-petroselinum-crispum-herbes-communes.html>

**Anonyme 06 :** <https://www.jardiner--malin-fr.cdn.ampproject.org/v/s/www.jardiner-malin.fr/sante/persil-bienfaits-vertus.html>

**Anonyme 07 :** <https://www.happydetoxtea.fr/pages/ecorce-de-cannelle-cannelier-de-chine>

**Anonyme 08 :** <https://microbiologie-clinique.com/antibiogramme.html>

**Anonyme 09 :**

<https://agronomie.info/fr/iii-8-principales-techniques-de-determination-de-lactivite-antimicrobienne-des-huiles-essentielles/>

**Anonyme 10 :** <https://microbiologie-clinique.com/catalase-test.html>

**Anonyme 11 :** <https://laboratoryinfo.com/coagulase-test/>

---

# *Annexes*

---

## Annexe 01

### Fiche de renseignements d'examen cyto bactériologique des urines au niveau du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine

LABORATOIRE D'HYGIENE DE LA WILAYA  
DE CONSTANTINE DSPRH  
Citè Mentouri (daksi) / 031613666

4

Constantine le

FICHE TECHNIQUE ECBU

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Age : \_\_\_\_\_

Technique de prélèvement :  
recueillir l'urine ( milieu du jet ) du matin dans un tube stérile remis par nos soins après toilette et ramenée  
la directement au laboratoire .

Renseignements cliniques :  
Motifs de demande de l'ECBU *prostate -*

Le patient est-il sondé ? *4*

A t-il une pathologie particulière ? *4*

Est-il sous traitement antibiotique ? *4*

Le médecin traitant

## **Annexe 02**

### **Composition des milieux de culture**

- **Gélose nutritive**

Extrait de viande .....	01g
Extrait de levure .....	02g
Peptone .....	05g
Chlorure de sodium .....	05g
Agar .....	15g

pH = 7,4

Autoclavage à 120° C pendant 15 min.

- **Gélose Hektoen**

Protéose-peptone .....	12g
Extrait de levure .....	03g
Lactose .....	12g
Saccharose .....	12g
Salicine .....	02 g
Citrate de fer III et d'ammonium .....	1,5g
Sels biliaires .....	09g
Fuchsine acide .....	0,1g
Bleu de bromothymol .....	0,065g
Chlorure de sodium .....	05g
Thiosulfate de sodium .....	05g

Agar ..... 15g

pH= 7,5

• **Gélose Mueller-Hinton**

Infusion de la viande du bœuf ..... 300ml

Peptone de caséine ..... 17,5g

Amidon de maïs ..... 1,5g

Agar ..... 17g

pH= 7,4

Stérilisation à l'autoclave 15 min à 116°C

• **Gélose Chapman**

Peptone ..... 11g

Extrait de viande ..... 01g

Chlorure de sodium ..... 75g

Mannitol ..... 10g

Rouge de phénol ..... 0,025g

Agar ..... 15g

pH= 7,4

• **Milieu TSI**

Extrait de viande de bœuf ..... 03g

Extrait de levure ..... 03g

Peptone ..... 20g

Chlorure de sodium .....	05g
Citrate ferrique .....	0,3g
Thiosulfate de sodium .....	0,3g
Lactose .....	10g
Glucose .....	01g
Saccharose .....	10g
Rouge de phénol .....	0,05g
Agar .....	12g
pH = 7,4	

• **Milieu citrate de Simmons**

Sulfate de Magnésium .....	0,2g
Phosphate d'ammonium .....	0,2g
Phosphate d'ammonium monosodique .....	0,8g
Citrate de sodium .....	02g
Chlorure de sodium .....	05g
Bleu de bromothymol .....	0,08g
Agar .....	15g
pH= 7	

• **Milieu Urée-indole**

L-tryptophane .....	03g
Phosphate monopotassique .....	01g
Phosphate dipotassique .....	01g

Urée .....	20g
Alcool à 95 % .....	10ml
Rouge de phénol .....	25ml
Eau distillée .....	100ml

• **Milieu mannitol-mobilité**

Peptone tryptique de viande .....	20g
Agar .....	04g
Mannitol .....	02g
Nitrate de potassium .....	01g
Rouge de phénol 1 % .....	04g

pH = 7,6 à 7,8

**Préparation de l'eau physiologique**

- Verser 500 ml d'eau distillée dans une fiole de 1L.
- A l'aide d'une balance, peser 9g de NaCl et les ajouter à travers un entonnoir.
- Compléter le volume avec l'eau distillé jusqu'au trait de la fiole puis agiter à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Réaliser la stérilisation dans des tubes bien fermés à l'autoclave pendant 2 heures.

## Annexe 03

## Fiche de résultats d'un antibiogramme

DIRECTION DE LA SANTE, DE LA POPULATION

LABORAOIRE D'HYGIENE DE WILAYA

REF/PATIENT :	GERMES :.....
NOMS&PRENOM :	
NATURE DE PRELEVEMENT : URINE	

## ANTIBIOGRAMME

AMOXICILLINE : AC CLAVULANIQUE	
AMOXICILLINE	
CEFALORIDINE	
CEFOXITINE	
CEFOTAXIME	
TICARCILLINE	
AMIKACINE	
TETRACYCLINE	
CHLORAMPHENICOL	
ACIDE NALIDIXIQUE	
FURANE	
CIPROFLOXACINE	
OFLOXACINE	
FOSFOMYCINE	
SULFAMETHOXAZOLE+TRIMETHOPRIME	
COLISTINE	

Constantine le,.....20



Tableau de lecture des valeurs critiques des diamètres des zones d'inhibition

Antibiotiques testés	Charge des disques ( $\mu\text{g}$ )	Résistante	Intermédiaire	Sensible
Amoxicilline	20	$\leq 13$	14-16	$\geq 17$
Ticarcilline	75	$\leq 14$	15-19	$\geq 20$
Céfoxitine	30	$\leq 14$	15-17	$\geq 18$
Céfazoline	30	$\leq 19$	20-22	$\geq 23$
Ciprofloxacine	5	$\leq 15$	16-20	$\geq 21$
Fosfomycine	200	$\leq 12$	13-15	$\geq 16$
Colistine	50	$< 15$	14-18	$\geq 18$
Gentamicine	10	$\leq 12$	13-14	$\geq 15$
Chloramphénicol	30	$\leq 12$	13-17	$\geq 18$
Triméthoprim- Sulfaméthoxazole	1,25-23,75	$\leq 10$	11-15	$\geq 16$

---

# *Résumés*

---

## Résumé

L'infection urinaire est une pathologie très fréquente de nos jours. Face à la résistance croissante des bactéries uropathogènes aux antibiotiques conventionnels, la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques devient plus que nécessaire. Les huiles essentielles, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes potentielles, pourraient représenter une solution prometteuse dans le traitement de ces infections.

Les expérimentations relatives à ce mémoire ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine et deux laboratoires pédagogiques de la Faculté SNV de l'Université Frères Mentouri Constantine 1. Le principal objectif assigné à ce mémoire consiste en l'étude de la sensibilité des bactéries uropathogènes, notamment *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, *Klebsiella sp*, et *Pseudomonas sp*, vis-à-vis des HEs distillées de manière traditionnelle et extraites de trois plantes aromatiques : *Thymus vulgaris*, *Petroselinum crispum* et *Cinnamomum cassia*.

D'après cette étude, il ressort une prédominance des bacilles à Gram négatif, avec *E. coli* dans (60%) des cas. Les rendements des trois HEs sont respectivement de (0,49%) pour le persil, (2,25 %) pour le thym et (2,35%) pour la cannelle.

L'activité antibactérienne quand elle existe, se manifeste par des zones d'inhibition autour des disques. Les HEs testées présentent une activité antibactérienne qui varie d'une souche à une autre. Les huiles de cannelle et de thym ont une bonne activité contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp* et *Klebsiella sp* mais une activité modérée contre *Pseudomonas sp*. Ceci dit, l'huile de persil a montré une faible activité antibactérienne.

Les bactéries uropathogènes résistantes à certains antibiotiques peuvent être inhibées par des composés extraits de plantes en raison de leurs propriétés biologiques. L'usage des huiles essentielles est préconisé essentiellement pour les infections urinaires récidivantes comme traitement ou comme moyen prophylactique.

**Mots clés :** Infections urinaires, bactéries uropathogènes, résistance aux antibiotiques, huiles essentielles, activités antibactériennes

## Abstract

Urinary tract infection is a very common condition nowadays. Faced with the increasing resistance of uropathogenic bacteria to conventional antibiotics, the search for new therapeutic alternatives becomes more than necessary. Essential oils, due to their potential antimicrobial properties, could represent a promising solution in the treatment of these infections.

The experiments related to this dissertation were carried out at the hygiene laboratory of the Constantine Province and two educational laboratories of the Faculty of Life and Natural Sciences at Frères Mentouri Constantine 1 University. The main objective of this dissertation is to study the sensitivity of uropathogenic bacteria, particularly *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, *Klebsiella sp*, and *Pseudomonas sp*, to traditionally distilled essential oils (EOs) extracted from three aromatic plants : *Thymus vulgaris*, *Petroselinum crispum*, and *Cinnamomum cassia*.

According to this study, there is a predominance of Gram-negative bacilli, with *E. coli* accounting for 60% of the cases. The yields of the three EOs are respectively 0.49% for parsley, 2.25% for thyme, and 2.35% for cinnamon.

The antibacterial activity, when present, is manifested by inhibition zones around the discs. The tested EOs exhibit antibacterial activity that varies from strain to strain. Cinnamon and thyme oils have good activity against *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, and *Klebsiella sp*, but moderate activity against *Pseudomonas sp*. However, parsley oil showed weak antibacterial activity.

Uropathogenic bacteria resistant to certain antibiotics can be inhibited by compounds extracted from plants due to their biological properties. The use of essential oils is recommended primarily for recurrent urinary tract infections as a treatment or prophylactic measure.

**Keywords:** Urinary infections, uropathogenic bacteria, antibiotic resistance, essential oils, antibacterial activities.

## المخلص

العدوى البولية هي حالة شائعة جدًا في الوقت الحاضر. في مواجهة زيادة مقاومة البكتيريا المرضية للمضادات الحيوية التقليدية، يصبح البحث عن بدائل علاجية جديدة ضرورة أكثر من أي وقت مضى. الزيوت العطرية، بفضل خصائصها المحتملة المضادة للميكروبات، يمكن أن تمثل حلاً واعدًا في علاج هذه العدوى.

تم إجراء التجارب المتعلقة بهذه الأطروحة في مختبر الصحة بولاية قسنطينة ومختبرين تعليميين في كلية العلوم الطبيعية والحياة بجامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1. الهدف الرئيسي لهذه الأطروحة هو دراسة حساسية البكتيريا المرضية للجهاز البولي، ولا سيما *Escherichia coli*، *Klebsiella sp*، *Staphylococcus sp* و *Pseudomonas sp*، اتجاه الزيوت الأساسية المقطرة بطريقة تقليدية والتي تم استخلاصها من ثلاثة مستخلصة من ثلاثة نباتات عطرية: الزعتر العادي، والبقدونس، والقرفة.

ووفقاً لهذه الدراسة، تسود البكتيريا العصوية السلبية، حيث تعتبر *E. coli* مسؤولة عن 60% من الحالات. وتبلغ نسبة العوائد للزيوت الأساسية الثلاثة على التوالي 0.49% للبقدونس، و2.25% للزعتر، و2.35% للقرفة. تظهر النشاطات المضادة للبكتيريا، عند وجودها، على شكل مناطق تثبيط حول الأقراص. الزيوت الأساسية التي تم اختبارها تظهر نشاطاً مضاداً للبكتيريا يتفاوت من سلالة إلى أخرى. زيت القرفة وزيت الزعتر يظهران نشاطاً جيداً ضد *Escherichia coli* و *Staphylococcus sp* و *Klebsiella sp*، ولكنهما يظهران نشاطاً معتدلاً ضد *Pseudomonas sp*. ومع ذلك، أظهر زيت البقدونس نشاطاً مضاداً للبكتيريا ضعيفاً. يمكن أن تتم تثبيط البكتيريا المرضية للجهاز البولي التي تقاوم بعض المضادات الحيوية باستخدام مركبات مستخلصة من النباتات بسبب خصائصها البيولوجية. يوصى بشكل خاص باستخدام الزيوت العطرية لعلاج العدوى البولية المتكررة كوسيلة علاجية أو وقائية.

**الكلمات المفتاحية:** العدوى البولية، البكتيريا المسببة للعدوى البولية، مقاومة المضادات الحيوية، الزيوت العطرية،

الأنشطة المضادة للبكتيريا

Année universitaire : 2022-2023

Présenté par : CHADI Oumnia, BELGHIT Hadjer

## Etude de la sensibilité des bactéries uropathogènes vis à vis de certaines huiles essentielles

### Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Microbiologie et Hygiène Hospitalière

L'infection urinaire est une pathologie très fréquente de nos jours. Face à la résistance croissante des bactéries uropathogènes aux antibiotiques conventionnels, la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques devient plus que nécessaire. Les huiles essentielles, en raison de leurs propriétés antimicrobiennes potentielles, pourraient représenter une solution prometteuse dans le traitement de ces infections.

Les expérimentations relatives à ce mémoire ont été réalisées au niveau du laboratoire d'hygiène de la Wilaya de Constantine et deux laboratoires pédagogiques de la Faculté SNV de l'Université Frères Mentouri Constantine 1. Le principal objectif assigné à ce mémoire consiste en l'étude de la sensibilité des bactéries uropathogènes, notamment *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp* *Klebsiella sp* et *Pseudomonas sp*, vis-à-vis des HEs distillées de manière traditionnelle et extraites de trois plantes aromatiques : *Thymus vulgaris*, *Petroselinum crispum* et *Cinnamomum cassia*.

D'après cette étude, il ressort une prédominance des bacilles à Gram négatif, avec *E. coli* dans (60%) des cas. Les rendements des trois HEs sont respectivement de (0,49%) pour le persil, (2,25 %) pour le thym et (2,35%) pour la cannelle.

L'activité antibactérienne quand elle existe, se manifeste par des zones d'inhibition autour des disques. Les HEs testées présentent une activité antibactérienne qui varie d'une souche à une autre. Les huiles de cannelle et de thym ont une bonne activité contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp* et *Klebsiella sp* mais une activité modérée contre *Pseudomonas sp*. Ceci dit, l'huile de persil a montré une faible activité antibactérienne.

Les bactéries uropathogènes résistantes à certains antibiotiques peuvent être inhibées par des composés extraits de plantes en raison de leurs propriétés biologiques. L'usage des huiles essentielles est préconisé essentiellement pour les infections urinaires récidivantes comme traitement ou comme moyen prophylactique.

**Mots- clés :** Infections urinaires, bactéries uropathogènes, résistance aux antibiotiques, huiles essentielles, activités antibactériennes.

**Laboratoires de recherche :** Laboratoire d'Hygiène de la Wilaya de Constantine et deux laboratoires pédagogiques/ Faculté SNV/ Université Frères Mentouri, Constantine 1.

**Encadreur :** M<sup>me</sup> ZITOUNI H (MCB- Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Président :** M<sup>me</sup> BATAICHE Insaf (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examineur :** M<sup>me</sup> OUIBRAHIM Amira (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

