

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم الفلاحية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Sécurité agroalimentaire et assurance qualité »

THÈME

**Caractérisation de la résistance aux antibiotiques des
entérobactéries isolées des viandes**

Soutenu le : _11_/_07_/_2021

Présenté Par : Alzehyrie Hadil

Devant le jury composé de :

ALAYAT Amel	grade	MCB	Présidente	UCBET
HAMMOUM Zakia	grade	MAA	Examinatrice	UCBET
BELBEL Zineb	grade	MCB	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2020 - 2021

Remerciements :

Louange à dieu le plus puissant qui nous a

Donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.

Mes remerciements s'adressent à ma promotrice Mme Belbel Zineb d'avoir dirigé ce travail avec beaucoup de compétences, merci pour vos conseils précieux, votre aide et encouragements.

Je remercie également les membres de jury :

Mme ALAYAT Amel pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury

& Mme HAMMOUM Zakia pour avoir accepté de juger ce travail

Je tiens à remercier également tout le cadre administratif de la faculté de la science de la vie à l'université de Chadli Bendjedid.

Dédicace

Ce travail est dédié à ma famille pour leur amour et leur soutien

A mon frérot Sam, rien n'a été possible sans toi.

A mes collègues et amis pour vos encouragements et votre soutien,

Résumé

La dissémination des bactéries résistantes aux antibiotiques via la chaîne alimentaire constitue une menace importante pour la santé publique. L'objectif de ce travail était d'évaluer le taux de contamination bactérienne des viandes destinées à la consommation à la wilaya d'El Tarf et de déterminer le niveau de résistance aux antibiotiques des *Enterobacteriaceae* isolées.

Au total, 24 échantillons de différents types de viandes (viandes rouges, de poulet et des abats de poulet) ont été récupérés de plusieurs boucheries de la région d'El Tarf. D'abord un isolement sur milieu Mac Conkey a été réalisé dans le but de rechercher les *Enterobacteriaceae* et de déterminer le taux de contamination bactérienne des viandes.

Ensuite, un test de sensibilité aux antibiotiques par un antibiogramme comportant 12 antibiotiques a été effectué afin d'évaluer la résistance aux principales familles d'antibiotiques.

Les résultats issus de cette étude ont montré un taux de contamination de 87.5 % des échantillons et 38 isolats. 14 souches sélectionnées ont montré une résistance envers au moins un antibiotique. Par ailleurs, la production de bêtalactamases à spectre étendu (BLSE) et de carbapénémases était de 43% et de 14 % respectivement. En outre, une résistance alarmante à la colistine a été révélée.

Les denrées alimentaires peuvent servir comme réservoir de bactéries multirésistantes. Cette étude souligne la nécessité de sensibiliser le vendeur de viande et d'appliquer des mesures d'hygiène strictes.

Mots clés : *Enterobacteriaceae*, viande, antibio-résistance, BLSE, carbapénémases, colistine.

Abstract

The dissemination of antibio-resistant bacteria through the food chain constitutes an important threat to public health. The aim of this work was to evaluate the rate of bacterial contamination in meat destined to human consumption in el-taref city and to determine the level of antibiotic resistance in the isolated enterobacteriaceae.

A total of 24 samples of different types of meat (red meat, chicken meat, and chicken giblets) were collected from various butchers in the region. First, an isolation on macconkey in order to research enterobacteriaceae and to determine the rate of bacterial contamination in meat, then an antibiotic susceptibility testing with 12 antibiotics was done in order to evaluate the resistance to the main antibiotic families. The results showed a rate of contamination of 87.5% and 38 isolates, 14 selected strains showed resistance to at least one antibiotic. Otherwise, extended spectrum beta-lactamase, and carbapenamase production were 21%, 14% respectively; in addition, an alarming resistance to colistin was revealed.

Food can be a reservoir to multi-resistant bacteria. This study highlights the necessity to sensitize the seller and to apply strict hygiene measures.

Key words: *Enterobacteriaceae*, meat, antibio-resistance, ESBL, carbapenamases, colistin.

ملخص :

انتشار البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية عبر الغذاء يشكل تهديدا مهما للصحة العامة. الهدف من هذا العمل كان تقدير مدى تلوث اللحوم الموجهة للاستهلاك بولاية الطارف بالبكتيريا و تحديد مستوى المقاومة للمضادات الحيوية لدى البكتيريا المعوية المعزولة.

اجمالي 24 عينة من مختلف انواع اللحوم (لحوم حمراء, لحوم الدجاج, أعضاء داخلية للدجاج) تم جمعها من عدة محلات جزارة بالمدينة او لا عزل في جيلوز ماككونكي من اجل البحث عن البكتيريا ثم اختبار حساسية المضاد الحيوي باستعمال 12 مضاد حيوي مختلف لتحديد مدى المقاومة لكل عائلة من المضادات تم القيام به.

النتائج افضت الى نسبة تلوث للعينات قدرت ب 87.5% و 38 من المعزولات. 14 سلالة مختارة اظهرت مقاومة لاحد المضادات على الاقل. انتاج انزيم BLSE و الكاربابيناماز قدر ب 43% و 14% على التوالي. مقاومة مقلقة للكولستين ايضا تم رصدها.

يمكن ان يشكل الغذاء مصدر للبكتيريا المتعددة المقاومة. هذه الدراسة تؤكد على ضرورة توعية البائع و التطبيق الصارم لإجراءات النظافة.

الكلمات المفتاحية : الأمعائيات, اللحم, المقاومة, BLSE, الكاربابيناماز, الكولستين.

Sommaire :**Remerciement.****Dédicace.****Résumé.****Sommaire.****Liste des tableaux et figures.****Liste des abréviations.****Introduction.....01****Partie bibliographique****Chapitre 01 : la viande**

1. Définition.....	03
2. La Composition de viande.....	03
2.1. L'espèce.....	03
2.2. La race.....	04
2.3. Le sexe.....	04
2.4. L'âge.....	05
2.5. La localisation anatomique.....	05
2.6. Le régime alimentaire.....	05
2.7. différences individuelles.....	05
3. La qualité de viande :.....	06
3.1. Déffinition :.....	06
3.2. La qualité Organoleptique.....	06
3.2.1. La couleur.....	06
3.2.2. Odeur et gout.....	06
3.2.3. Texture.....	06
3.2.4. La jutosité.....	07
3.3. La qualité Nutritionnelle.....	07
3.4. La qualité Microbiologique.....	09
3.4.1. Diffinition.....	09
3.4.2. Le critère microbiologqique :	09
3.4.3. La signification de La présence des entérobactéries.....	09
3.5. La détérioration de viandes :.....	09
3.5.1. Difinition :.....	09
3.5.2. Sources de contamination.....	09

3.5.3. étapes d'altération.....	10
3.5.4. Facteurs favorisant l'altération.....	10
Chapitre 02 : <i>Enterobacteriaceae</i>.....	11
1. taxonomie.....	11
2. biotope.....	11
3. caractères microbiologiques :.....	11
3.1. caractères morphologiques :.....	11
3.2. Caractères culturels :.....	11
3.3. Caractères biochimiques.....	11
3.4. Caractères antigéniques.....	12
3.5. Facteurs de virulence.....	12
Chapitre 03 : la résistance aux antibiotiques.....	13
1. Les antibiotiques :.....	13
1.1. Définitions :.....	13
1.2. Classification :.....	13
1.3. mode d'action :.....	13
1.4. la résistance à l'antibiotique.....	14
1.5. types de résistance	14
2. Mécanismes de résistance des entérobactéries.....	14
2.1. La résistance naturelle.....	14
2.2. La résistance acquise.....	15
2.3. Le support génétique de la résistance :.....	15
3. La résistance au bêta-lactames :.....	15
3.1. Mode d'action :.....	15
3.2. Mécanisme de résistance.....	16
- La classe a.....	16
- La classe b.....	16
- La classe c.....	16
- La classe d.....	16
- BLSE.....	16
- CRE.....	16
4. Résistance aux aminoglycosides.....	17
4.1. Mécanisme d'action.....	17
4.2. Mode de résistance	17
5. Résistance aux quinolones.....	17
5.1. Mécanisme d'action.....	17
5.2. Mode de résistance.....	17
6. Résistance au triméthoprime et aux sulfonamides.....	17
6.1. Mécanisme d'action.....	17
6.2. Mode de résistance	17
7. Résistance à la tigécycline.....	18

7.1. Mécanisme d'action.....	18
7.2. Mode de résistance.....	18
8. Résistance à la colistine, polymyxine.....	18
8.1. Mode d'action.....	18
8.2. Mécanisme de résistance.....	18
9. Résistance au fosfomycine.....	18
9.1. Mode d'action.....	18
9.2. Mécanisme de résistance	18
10. La multi résistance.....	18

Matériel et méthode :

1. cadre et objectif de l'étude.....	19
1.1. région de l'étude.....	19
1.2. matériel.....	19
2. échantillonnage	20
3. isolement.....	22
4. purification.....	22
5. coloration de gram.....	22
5.1. la réalisation de frottis.....	23
5.2. protocole de la coloration.....	23
6. Antibiogramme.....	23
6.1. définition.....	23
6.2. la préparation de l'inoculum.....	23
6.3. l'ensemencement.....	23
6.4. l'application des disques.....	24
6.5. l'incubation.....	24
6.6. la lecture.....	24

IV. Résultats et Discussion

1. résultats.....	26
2. discussion.....	33

VI. Conclusion.....	36
----------------------------	-----------

VII. références bibliographiques.....	38
--	-----------

V. annexes.	
--------------------	--

Liste des tableaux et figures :

Liste des tableaux :

Tableau n° :01.....	04
Tableau n° :02.....	04
Tableau n° :03.....	04
Tableau n° :04.....	05
Tableau n° :05.....	08
Tableau n° :06.....	08
Tableau n° :07.....	17
Tableau n° :08.....	20
Tableau n° :09.....	25
Tableau n° :10.....	26
Tableau n° :11	29
Tableau n° :12.....	30

Listes des figures :

Figure n° : 01.....	19
Figure n° : 02.....	21
Figure n° : 03.....	22
Figure n° : 04.....	24
Figure n° : 05.....	24
Figure n° :06.....	27
Figure n° :07.....	27
Figure n° : 08.....	28
Figure n° :09.....	28
Figure n° :10.....	30
Figure n° :11.....	31
Figure n° :12.....	31

Liste des abréviations :

AK : Amikacine

AMSA : American meat science association

ANIREF : L'Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière

AMC : Amoxicilline-Acide clavulanique

ATM : Azétronam

BLSE : Betalactamase à spectre étendue.

CASFM : Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie.

CDC : Centers for disease control and prevention

CIP : Ciprofloxacine

CL : Colistine

CN : Gentamycine

CRO : Ceftriaxone

FF : Fosfomycine

Fox : Céfoxitine

FRB : Fondation pour la recherche sur la biodiversité.

IPM : Imipineme

ISO : Organisation internationale de normalisation

LPS : Lipopolysaccharides

MDR : Multi drug resistant

PLP : Protéine liant la pénicilline.

OIE : Organisation mondiale de la santé animale.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

SMIPEV: Société marocaine d'infectiologie pédiatrique et de vaccinologie.

SXT : Triméthoprim- Sulfaméthoxazole

USDA : Département américaine de l'agriculture.

XDR : Extensively drug-resistant

Introduction

La résistance aux antibiotiques est un des enjeux majeur de santé publique mondial, pouvant augmenter la létalité de bactéries pathogènes et entrainer des pertes économiques, elle est acquise, transmissible et prend d'ampleur chaque jour. Chaque année plus de 25000 meurt en union européen seulement à causes des infections par des bactéries résistantes aux antibiotiques. A l'échelle mondiale, les résistances microbiennes seraient responsables de 700 000 morts par an. Si rien ne change, les maladies infectieuses d'origine bactériennes pourraient redevenir en 2050 une des premières causes de mortalité dans le monde, en provoquant jusqu'à 10 millions de morts. Outre le coût en pertes humaines, le coût financier des soins pour la société s'élèverait à plus de 1,5 milliards d'euros en Europe et plus de 55 milliards de dollars aux Etats-Unis. Dans le monde entier, l'antibio-résistance pourrait coûter plus de 100 000 milliards de dollars (OMS, 2020).

Par conséquent, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) coopère avec l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et la Food and Agriculture Organisation (FAO) au sein du concept « One Health », pour lutter contre la résistance aux antibiotiques et sa dissémination. En effet, les résistances aux antibiotiques peuvent circuler entre l'Homme, les animaux et l'environnement. L'Homme peut être exposé à des bactéries résistantes aux antibiotiques via son alimentation (OIE, 2021)

L'alimentation humaine est une source possible de pathogènes, qui peuvent transmettre leur résistance à l'homme par la consommation des produits contaminés, c'est important de surveiller ainsi les aliments en tant que source probable de la résistance. Cette résistance en cas de transmission aux bactéries qui se trouvent naturellement dans le tube digestif, ou pathologiquement dans le corps augmente leurs pathogénicité et risque sur la sante (OMS, 2020)

Les entérobactéries, une famille possédant des capacités naturelles à développer des mécanismes transmissibles de résistance face aux antibiotiques à travers des gènes mobiles de résistance (Partridge, 2015). Certains espèces de cette famille élaborent des toxines qui peuvent causer des intoxications en cas d'ingestion d'un aliment contenant l'exotoxine , ou des toxi-infections en cas de consommation d'un aliment contenant le germe élaborant un endotoxine en présence de stress physiologique causé la plus part de temps par le système immunitaire (Willey, 2011).

La viande constitue un milieu de culture riche en nutriments qui a été longtemps reconnue comme le véhicule de micro-organismes pathogènes. Sa contamination peut être originelle ou se produire pendant la manipulation. L'importance des aliments en tant que source de transmission de nombreuses maladies a été documentée et des rapports récents soulignent l'importance de la chaîne alimentaire et des animaux d'élevage comme une source probable de diffusion de la résistance dans les milieux communautaires. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'évaluer le taux de contamination bactérienne des viandes destinées à la consommation à la wilaya d'El Tarf et de caractériser les phénotypes de résistance aux antibiotiques des souches d'entérobactéries isolées.

Ce manuscrit s'articule autour de quatre parties : la première partie portera principalement sur une généralité sur les viandes, la famille des *Enterobacteriaceae* et ses mécanismes de résistance aux antibiotiques. La deuxième partie présentera le matériel et les méthodes expérimentales utilisés. La troisième partie portera sur l'ensemble des résultats obtenus et aux discussions qui en découlent. Nous terminerons ce travail par une quatrième partie qui sera consacrée à la conclusion et les perspectives de recherche à venir.

Partie : 01

Synthèse

Bibliographique

Chapitre 01 : la viande.

1. Définition :

La viande est définie comme : « les muscles squelettiques et les tissus associés (les nerves, la graisse, le tissu conjonctif, les vaisseaux sanguins, la peau et les os) ainsi que les abats comestibles comme les organes internes et les muscles non squelettique collectés des mammifères, volailles, amphibiens, reptiles et les espèces marines » (**AMSA, 2016**).

On distingue selon les espèces deux types de viandes, rouges et blanches. Selon l'organisation mondiale de la santé, « La viande rouge fait référence à tous les types de viande issus des tissus musculaires de mammifères comme le bœuf, le veau, le porc, l'agneau, le mouton, le cheval et la chèvre (**OMS, 2015**). « La chair des bovins, des porcs et des ovins se distingue de celle des volailles par le terme viande rouge, tandis que la chair des volailles (poulet, dinde, canard, pigeon, pintade) est appelée viande blanche. » (**FAO, 1992**).

2. La composition de viandes :

La viande et la volaille sont composées de muscles, de tissu conjonctif, de graisse et d'os. Le muscle est composé d'environ 75% d'eau (bien que différentes coupes puissent contenir plus ou moins d'eau) et 20% de protéines, les 5% restants représentant une combinaison de graisses, de glucides et de minéraux (**USDA, 2019**).

La viande rouge ne se diffère de la viande blanche que par la teneur plus élevée de graisses, et teneur plus élevée en fer, zinc, vitamines B6, B12, niacines, riboflavine, thiamine (**Williams, 2007**).

La composition des viandes est influencée par l'espèce, la race, le sexe, l'âge, la localisation anatomique, l'exercice, l'alimentation et des variations individuelles (**Lawrie, 2006**).

2.1. L'espèce :

Il existe des variations dans l'azote totale, la quantité de myosine et de myoglobine musculaire entre espèce (**Lawrie, 2006**) ; pour le même herbe consommé, le lapin produit plus d'acide linoléique que le cheval, sa viande contient plus d'acides linoléique, myristique, palmitique que les autres espèces et moins d'acide stéarique. La variation entre espèce est aussi enzymatique, pour la même t° (37c°) et muscle donnée (muscle dorsale) le début et les caractéristique de rigoris mortem sont différents entre les espèces, ainsi que l'activité de l'enzyme alpha-amylase responsable de la conversion de glycogène musculaire en glucose qui sera converti en A. Lactique (**Lawrie, 2006**).

Tableau 01 : différence de la composition chimique de muscle par espèce (Lawrie, 2006)

différence de la composition chimique de muscle		
caractéristiques	lapins	ovins
% eau	77.0	77.0
% graisses intramusculaires	2.0	7.9
% d'azote totale	3.4	3.6
% phosphore totale	0.20	0.18
% myoglobine	0.02	0.25

Tableau 02 : différence d'activité enzymatique par espèce. (Lawrie, 2006)

activité de cytochrome oxidase de préparations de muscle psoas:	
espèce	activité
cheval	1600
boeuf	1200
porc	1000
mouton	950
lapin	250

2.2. La race :

Après l'espèce, la race est le facteur intrinsèque le plus important, dans la même race on trouve des variations dans la teneur des acides aminés et les acides gras. (Lawrie, 2006).

Tableau 03 : différence de lipides intramusculaire pour les mêmes muscles donnés entre races (Lawrie, 2006).

lipide intramusculaire et son nombre d'iode				
la race	I. dorsal		psoas	
	lipide intramusculaire		lipide intramusculaire	
	(%)	N.I	(%)	N.I
Hereford	7.1	54.6	5.6	50.5
Friesian	6.4	56.4	5.1	53.9

2.3. Le Sexe :

Généralement les viandes de males contiennent moins de grasses intramusculaires que celles des femelles et les viandes des animaux castrés contiennent plus de lipides que celles des animaux entiers (Lawrie, 2006).

Tableau 04 : différence dans la composition de muscle lombaire entre bouvillon et taureau (Lawrie, 2006)

composition de muscle lombaire dans la race red poll :		
	bouvillon	taureau
lipide intramusculaire %	3.03	1.00
humidité %	74.09	77.30
myoglobine%	0.20	0.19
cendre %	0.99	1.16
azote total %	3.61	3.50
azote non protéique %	0.38	0.41

2.4. L'Age :

Avec l'âge, il ya une augmentation de graisses et de myoglobine, l'augmentation de l'azote sarcoplasmique devient minimale et une diminution de stroma et d'humidité est évidente. Le tissu conjonctif devient plus important chez l'adulte, la concentration de l'élastine et de collagène diminue avec l'âge ; cependant, le durcissement de viande de male par rapport au jeune, indique une différence de nature de tissu conjonctif (le collagène soluble dans le sel (précurseur de collagène insoluble) est plus important chez le jeune, aussi, les liaisons croisées entres les chaines peptidiques dans le collagène augmente avec l'âge (Lawrie, 2006).

2.5. La Localisation anatomique :

Le facteur le plus complexe des facteurs intrinsèques ; ya des différences quantitatives de l'humidité, de tissu conjonctif entre espèces et de protéines entres les muscles pour le même espèce donné à la même âge ; par exemple, à la congélation, le muscle psoas perd double la quantité d'eau perdue par le muscle dorsale, les changements post mortem se diffèrent entre muscles selon l'activité enzymatique qui peut être influencée par l'exercice et les réserves en glycogène (Lawrie, 2006).

2.6. Le régime alimentaire :

L'effet de régime alimentaire se voie par la différence de composition de viandes, les suppléments ajoutés à l'alimentation des volailles comme le carnosine et sélénium, aujourd'hui pratiqué dans beaucoup de centre d'élevage donnent des viandes enrichie en ces nutriments (Lawrie, 2006).

2.7. Différences individuelles :

Le moins compris des facteurs, parmi les différences sporadiques entre individus de la même race on trouve, la vitesse de glycolyse post mortem qui peut être très variable (Lawrie, 2006).

3. La qualité de viande :

3.1. Définition :

La qualité selon ISO c'est « La conformité à des exigences spécifiées » (**ISO, 2005**), le consommateur juge la qualité de la viande par les caractéristiques d'apparence et de texture (**Fletcher, 2002**).

Les critères de l'apparence et de texture sont influencés par l'espèce, l'âge, le sexe, le type d'élevage, l'alimentation, le processus appliqué dans les abattoirs, le type et les conditions de conservation (**Lawrie, 2006**) (**Guerrero-Legarreta, 2010**).

3.2. La qualité organoleptique:

3.2.1. La couleur:

Une caractéristique appréciée par les consommateurs, elle est affectée par l'âge, l'environnement, le régime alimentaire et la restriction alimentaire. La couleur de la peau varie de crème à jaune et la coloration des muscles varie de rose à rouge selon la quantité d'hémoglobine et myoglobine. Plus le muscle est utilisé, plus la myoglobine est présente dans le muscle (**Guerrero-Legarreta, 2010**).

Le régime alimentaire et les suppléments affectent la couleur. La diminution de pH provoque des changements dans la structures des myofibrilles, d'où l'augmentation de la capacité de rétention de l'eau, celle-ci est associée avec une coloration plus claire.

La durée de restriction alimentaire entraîne la déplétion en glucose d'où la diminution de pH et des changements de couleur de la peau et de muscle. La réfrigération précoce de viande empêche les changements associée au pH bas et température élevée de la carcasse au moment de l'abatage responsables de phénomène de viandes PSE (pale soft exsudative ; fr= : pale tendre et exsudative).

L'irradiation, une nouvelle méthode pour contrôler la contamination microbienne cause un changement de couleur, ce changement est fonction de l'espèce, la dose d'irradiation, type de muscle et l'emballage. La quantité de myoglobine augmente aussi avec l'âge de l'animal (**Guerrero-Legarreta, 2010**).

3.2.2. Odeur et gout :

La forme crue est différente de la forme cuite, la viande crue a un gout salé, métallique, sanguine, avec une odeur qui ressemble le sérum sanguin. Le changement durant la cuisson est par les réactions entre les différents composants. Le type d'alimentation et les suppléments ajoutés, ainsi que l'irradiation tous influent l'arome et le gout (**Guerrero-Legarreta, 2010**).

3.2.3. Texture :

Avec l'âge devient plus dure par la glycolysation de protéines. Durant la glyclysation, les sucres sont ajoutés aux protéines, ces liaisons croisées contribuent à la détérioration de collagène et la diminution de la qualité de viande par le durcissement de viande. Cette

réticulation peut être inhibée par la restriction de l'alimentation avant abatage. Le type d'élevage extensif qui permet aux volailles de circuler librement est associé avec le durcissement de viande. Le processus d'abatage affecte d'une façon importante la consistance des viandes (**Guerrero-Legarreta, 2010**)

3.2.4. Jutosité :

L'eau est présente dans les muscles sous 2 formes : libres ou liée. La forme libre d'eau se trouve dans l'espace entre les fibres de grande taille et de petite taille ; retenue par des forces capillaires, et c'est la responsable de la jutosité de viande lors de mastication et l'aspect de viandes lors de cuisson (**Lawrie, 2006**).

3.3. La qualité nutritionnelle:

-les viandes rouges sont sources de nutriments essentielles pour la santé humaine, on y trouve :

1. Les aminoacides : des différences liées aux espèces, race, âge, et la partie de carcasse ; en générale, les viandes rouges sont riches en leucine, lysine, valine avec faibles quantités de thréonine.

2. Minéraux : Le Plus important c'est le potassium suivi par le phosphore.

-c'est trouvé que certains enfants sur un régime végétarien, souffrent de diminution de pouvoir cognitive à cause de faible apport de zinc d'où l'importance de ce type d'aliment.

3. Vitamines: Les Plus importantes: vitamines B1, B2, B12, valeurs perdues (au moyen) par 15-40% si bouillie, 40-50% lors de friture, 30-60% si rôtie, 50-70% dans les conserves.

4. Les acides gras : essentiellement les polyinsaturés, A. linoléique, A. linoléique, A. arachidonique, des différences selon, le type d'abats, l'espèce considérée et l'âge.

5. les Toxines et résidus : tous les viandes peuvent accumuler des différentes substances absorbées et stockées pendant la vie de l'animal (médicaments, antibiotiques, substances chimiques....) (**Lawrie, 2006**).

• Différence viande rouge et viande de poulet :

Le poulet sans peau contient 2 fois plus de lipides que poulet avec peau ; comparé au viande rouge, le poulet contient moins de calories et gras saturé. Il ne se diffère pas beaucoup des autres types de viandes cependant, si on considère les autres bénéfiques (plus de protéine moins de gras total, moins de gras saturés, et de calories) c'est plus nutritif et conseillé pour ce qui prend soin de sa santé ou prend une diète.

- La quantité de collagène est plus faible dans la viande de poulet, (il diminue la digestion de viande) donc c'est plus digestible et aussi une bonne source de vitamines et minéraux ; comparé aux autres types de viandes, il contient plus de phosphore, calcium, magnésium et sodium.
- Parmi les vitamines, le teneur en niacine (vitamine B3) est le plus élevé dans le poulet, vitamines A, et B6 sont aussi élevées par rapport aux autres types de viandes.

- La niacine est très important pour le propre métabolisme de glucides et production d'énergie, aussi pour la peau, les yeux et le system nerveux ; il entre dans le métabolisme des hormones sexuelles, améliore la circulation sanguine et diminue le taux de cholestérol (Guerrero-Legarreta, 2010).

Tableau 05 : contenu nutritif de viandes par espèces (Lawrie, 2006)

contenu nutritif de differents types de viandes /100g :				
nutriment	poulet	porc	bovin	ovin
energie/kcal	165	165	185	180
eau/kg	65.26	65.75	64.83	64.92
protein/g	31.02	28.86	27.23	28.17
lipide totale	3.57	4.62	7.63	6.67
acide gras saturés	1.010	1.451	2.661	2.380
acides gras monoinsaturés	1.240	1.878	3.214	2.920
acides gras polyinsaturés	0.770	1.066	0.285	0.440
cholestérol/ mg	85	86	78	87

Tableau 06 : quantité de minéraux, oligoéléments et vitamines par espèces (Lawrie, 2006)

	porc	poulet	bovin	ovin
Minéraux				
Calcium (mg)	15	16	6	8
fer (mg)	1.04	0.97	2.40	2.06
Magnesium (mg)	29	27	18	26
Phosphore (mg)	228	273	172	208
Potassium (mg)	256	425	222	342
Sodium (mg)	74	80	36	66
Zinc (mg)	1.00	2.48	4.74	5.02
Vitamines				
Vitamine C (mg)	0.0	0.0	0.0	0,0
Thiamine (mg)	0.070	0.523	0.057	0.110
Riboflavin (mg)	0.114	0.408	0.170	0,280
Niacine (mg)	13.712	7.940	5.232	6.390
Vitamine B6 (mg)	0.600	0.538	0.380	0.170
Folate (µg)	4	0	9	24
Vitamine B12 (µg)	0.34	0.67	1.61	2.71
Vitamine A (µg)	6	1	0	0
Vitamine E (mg)	0.27	0.26	0.37	0.18
Vitamine D (D2 + D3) (µg)	0.1	0.3	—	—
Vitamine K (µg)	0.3	0.0	1.3	—

3.4. La qualité microbiologique:

3.4.1. Définition :

La qualité microbiologique : Selon la réglementation française (arrêté du 21 décembre 1979) et européenne, la qualité microbiologique des produits carnés est fonction des taux de contamination par des catégories définies de microorganismes. Les critères sont exprimés en nombre de germes par gramme. (Niamy et al., 1997).

3.4.2. Le critère microbiologique :

Un critère microbiologique applicable à un aliment permet de s'assurer qu'un produit ou un lot de produits est acceptable compte tenu de l'absence, de la présence ou du nombre de microorganismes, y compris les parasites, et/ou de la quantité de leurs toxines/métabolites, par unité de masse, de volume ou de superficie, ou par lot (FAO, 1997)

3.4.3. La signification de la Présence des entérobactéries :

Dans les produits comme la viande crue, la volaille crue, la présence d'Enterobacteriaceae découle directement d'une infection fécale inévitable des cadavres lors du processus d'abattage.

Il est souhaitable d'utiliser les enterobacteriaceae en tant qu'indicateur d'hygiène qu'immédiatement après la production (un traitement) parce que durant la conservation de l'aliment, même dans le cas d'une conservation réfrigérée, peuvent se développer des espèces psychotropes, de sorte que les nombres qui se retrouvent pendant ou à la fin de la durée de conservation ne sont plus une indication d'une contamination initiale et ne fournissent donc plus d'indications sur les conditions hygiéniques pendant la production (Mutsch, 2018).

3.5. La détérioration de viande:

3.5.1. Définition :

C'est une modification que subit l'aliment par rapport à sa constitution spécifique. Ce qui diminue sa valeur nutritionnelle et /ou le rend impropre à la consommation (Lawrie, 2006).

3.5.2. Sources de contamination:

Différents sources potentielles de moment de saignement jusqu'à la consommation:

- l'abattoir : le sol, les instruments, le matériel, le personnel, l'air.
- le contenu gastro-intestinal : la flore bactérienne ou les microbes pathogènes y présentes.
- l'eau contaminée.
- les fautes durant l'abattage : aspiration de sang contaminé (venant d'organe infecté, ou des voies respiratoires/digestives contenant naturellement des flores microbiennes) (Lawrie, 2006).

3.5.3. Les étapes de la détérioration:

La viande se liquéfie sous l'action de collagénase qui hydrolyse le tissu conjonctif entre les vaisseaux de fibres entraînant leur désintégration, cela est suivi de production de gaz. Les acides aminés libres sont attaqués de désaminase avec la production d'hydrogène, CO₂ et ammoniac, si le collagène est présent, il sera fermenté en acide lactique et butyrique avec dégagement des odeurs indésirables (Lawrie, 2006).

3.5.4. Les Facteurs favorisant la contamination:

Les microbes trouvent leurs demandes minimales dans les viandes : source de carbone, azote, vitamines. Le degré d'accessibilité est cependant variable selon la T°, le ph, l'humidité, la pression osmotique, le potentiel oxido-réduction ; ces facteurs sont inter-reliés et leurs effets selon des conditions particulières et des variations individuelles.

- La t° : la vitesse de développement microbien augmente avec la t°.
- Humidité et pression osmotique : le facteur le plus important après la t° comme besoin des microorganismes.
- Le Ph comme facteur de développement microbien, détermine la résistance de viande à l'altération.
- le Potentiel oxido-réduction : Juste après la mort, avec une T° et ph élevé on s'attend à une altération microbienne rapide.
- L'atmosphère détermine la tension d'o₂ et le développement d'altération de surface (Lawrie, 2006).

Chapitre 02 : *Enterobacteriaceae*

1. Taxonomie :

la famille des enterobacteriaceae appartient à l'ordre des enterobacteriales, classe de gamma - proteobacteria, embranchement de proteobacteria , la règne bacteria ,on compte plus de 53 genres dont 26 pathogènes pour L'Homme (**Public Health England, 2013**).

2. Biotope :

Ce sont pour la plupart des hôtes du tube digestif de l'homme et des animaux, où ils se comportent en commensaux (*E. coli*) ou en pathogènes (*Salmonella*, *Shigella*). Ils se trouvent également dans le milieu extérieur (sol, eau, végétaux, aliments). Bien que la plupart des espèces vivent et se multiplient dans ces 2 habitats, certaines sont plus adaptées à l'un des 2: ainsi *E. coli* est avant tout une bactérie intestinale (témoin de contamination fécale); par contre *Serratia* est essentiellement une bactérie de l'environnement (**SOMIPEV, 2017**)

3. Caractères bactériologiques :

3.1.Caractères morphologiques :

Des petites bâtonnées, à gram négatif, De taille de 0.5um à 3um, non sporulées, certaines sont motiles grâce à des pétriches, Autres sont immobiles (**Public Health England, 2013**)

3.2.Caractères cultureux :

Germes non exigeants qui poussent très bien sur des milieux de base comme (gélose/bouillon nutritif) aero-anaérobies facultatif, poussant à une T° optimale de 37° La résistance aux sels biliaires et a certaines autres conditions physicochimiques (culture a +4°, PH, résistance au sélénite et aux colorants...) ainsi que l'assimilation préférentielle de certains substrats (sucres, acides aminés ...) est à la base des milieux électifs/sélectifs, solides ou liquides utilisés pour les entérobactéries (Hektoen, gélose XLD, gélose SS et Drigalski, Bouillon au sélénite...) Après 18 à 24h on obtient une culture abondante en milieu liquide (trouble homogène +/- dépôt). Sur milieu solide, les colonies sont grosses opaques de 1 à 2mm de diamètre parfois plus, les souches capsulés sont muqueuses (**SOMIPEV, 2017**).

3.3.Caractères biochimiques :

Les entérobactéries sont identifiées grâce aux caractères biochimiques liés à chaque genre,

La majorité de la famille Oxydase négative (différence avec le *Pseudomonas*), catalase positive nitrate réductase positive au stade nitrite Un des caractères communs et constants à toutes les Entérobactéries est la fermentation du glucose En analyse de routine, La différenciation entre genres et espèces est basée sur des caractères biochimiques et antigéniques (**SOMIPEV, 2017**).

3.4. Caractères antigéniques :

Les Entérobactéries possèdent une structure particulière donnant naissance à 3 types d'antigènes (O, H, K) l'antigène O est le seul constamment exprimé par toutes les bactéries de ce groupe mais de structure différente d'une bactérie à une autre.

- L'antigène O (antigène somatique) : il est porté par le lipopolysaccharide (LPS) de la membrane externe, il est thermostable et très toxique (endotoxine). Il permet la synthèse d'immuns sérums ayant un intérêt clinique et épidémiologique (identification bactérienne).
- L'antigène H (antigène flagellaire) : de nature protéique, non toxique, thermolabile, permet une identification antigénique de certaines espèces (*Salmonella* spp, *Escherichia coli* ...)
- L'antigène K (capsulaire) : de nature polysaccharidique, peu d'intérêt en pratique courante (sauf pour l'identification du sérovar typhi de *Salmonella enterica* et K1 d'*Escherichia coli*) (**Public Health England, 2013**)

3.5. Facteurs de virulence :

- Endotoxine : responsable de plusieurs manifestations systémiques de l'infection.
- Exotoxine, produit par certaines espèces et souches, cause diarrhée.
- Adhésines et fimbriae dans certaines espèces facilitent l'adhésion aux tissus.
- le développement intracellulaire (*Shigella*, *Salmonella* et *Yersinia* et *Escherichia coli enteroinvasive*) protège les organismes de défenses de l'hôte.
- la résistance à l'antibiotique est codée sur des plasmides transférables aux autres bactéries.
- la Capsule sur *Klebsiella* et *Salmonella* est antiphagocytaire.
- les gènes de différents facteurs de virulence sont condensés et contrôlés dans des îles de pathogénie (**SOMIPEV, 2017**)

Chapitre : 03 La résistance aux antibiotiques

1. les antibiotiques :

1.1. Définitions :

Les antibiotiques sont des médicaments utilisés pour traiter et prévenir les infections bactériennes. La résistance survient lorsque les bactéries évoluent en réponse à l'utilisation de ces médicaments (OMS, 2020).

1.2. Classification :

Les antibiotiques sont classés selon leur origine, synthétique ou non ; nature, souvent basée sur une structure de base ; mode d'action, c'est effet sur la cible dans la structure bactérienne et spectre d'action, étroite ou élargie (SOMIPEV, 2017).

1.2.1. Mode d'action :

Par définition, le mécanisme de l'action antibiotique implique une ou plusieurs cibles moléculaires spécifiques au monde bactérien, On décrit très classiquement les 4 points d'impacts suivants:

1. Paroi bactérienne : β -lactamines, glycopeptides, fosfomycine, cyclosérine, bacitracine perturbent la biosynthèse du peptidoglycane, glycoprotéine complexe de la paroi, induisant la perte de la viabilité cellulaire, voire la lyse de la cellule bactérienne.

2. Synthèse protéique : le ribosome bactérien est la cible supramoléculaire de nombreux antibiotiques, provoquant l'arrêt plus ou moins brutal de la synthèse protéique. On citera l'inhibition des liaisons peptidiques par les phénicolés ; l'inhibition de l'élongation protéique par les aminosides et les tétracyclines ; l'inhibition de la translocation par les macrolides et apparentés (lincosamides, streptogramines ou synergistines, kétolides), le linézolide et les everninomycines ; l'inhibition des étapes post-translocation par l'acide fusidique ;

3. Génome bactérien : de nombreuses erreurs dans la synthèse de l'ADN bactérien s'obtiennent par l'inhibition de l'ARN-polymérase avec les rifamycines, l'inhibition de l'ADN-gyrase avec les fluoroquinolones, ou par l'inhibition de la synthèse des purines par les sulfamides et le cotrimoxazole. Nitro-imidazolés et nitrofuranes agissent également sur le génome bactérien selon des mécanismes moins bien connus ;

4. Membrane interne : en dénaturant les phospholipides de la membrane interne, les agents polycationiques (polymyxines, colistine) ou polyéniques (nystatine, amphotéricine B) provoquent la fuite fatale de composés intracellulaires par rupture de la perméabilité cellulaire (SOMIPEV, 2017).

1.3. La résistance à l'antibiotique :

Les antibiotiques sont des médicaments utilisés pour traiter et prévenir les infections bactériennes. La résistance survient lorsque les bactéries évoluent en réponse à l'utilisation de ces médicaments (OMS, 2020).

1.4. Type de résistance :

La résistance aux antibiotiques peut être naturelle ou acquise.

- résistance naturelle : peut être intrinsèque, comme un trait caractéristique d'espèce (les gènes s'expriment toujours indépendamment des facteurs externes), ou induite : les gènes s'expriment lors de contact avec un antibiotique.
- Résistance acquise : la bactérie acquiert de matériel génétique codant pour la résistance ou subit une mutation de ces gènes (Reygaert, 2018).

2. Mécanismes de la résistance des entérobactéries:

les entérobactéries utilisent différents mécanismes pour développer une résistance aux antibiotiques : il peut s'agir de troubles de perméabilité pour les antibiotiques, ce qui empêche la pénétration de l'antibiotique dans la bactérie, de systèmes d'efflux qui permettent d'évacuer les antibiotiques qui auraient pénétré dans la bactérie, ou de modification de la cible bactérienne de l'antibiotique (exemples : les sites de liaison des pénicillines, les penicillin binding proteins (PBP), ce qui empêche la fabrication de la paroi de la bactérie ; ou la modification de la gyrase pour les quinolones). Mais le plus fréquemment, il s'agit des enzymes détruisant les bêtalactamines, les bêtalactamases (Vora et Auckenthaler, 2009).

La forme visible de la résistance est le biofilme qui contient des populations en phase de développement protégées de l'action de l'antibiotique (sorte de couvre).

2.1. La résistance naturelle :

Vient de la capacité d'adaptation de la bactérie, et ne nécessite pas l'acquisition d'un nouveau matériel génétique, les mécanismes d'adaptation incluent la modification de cible, l'inclusion ou l'exclusion de drogue ou sa modification. Les porines à la membrane externe hydrophobe de la bactérie constituent une barrière à la beta lactame.

- La modification de drogue est un mécanisme major de résistance, les enzymes hydrolysant l'ampicilline, AmpC) ont une structure proche de celles des protéines de liaison des pénicillines (PLP) et se trouvent dans les espèces médicalement importantes de la famille des enterobacteriaceae. Sont moins actifs contre les penecillins modifiée comme l'oxacillin, et moins susceptible à l'action de betalactamase inhibiteur come (A. clavulanique) (Iredel et al ; 2015).

2.2. La résistance acquise :

La modification acquise de drogue émerge des gènes mobiles, beaucoup d'en sont facilement transmis entre bactéries (*E.coli* et *K.pneumoniae*).

- La grande partie de la résistance des entérobactéries est due aux ces gènes capturés de différentes sources d'espèces par différents éléments génétiques mobiles et transférés au plasmide qui peut se déplacer entre cellules d'une même espèce ou de même genres ; cependant, les mutations dans les gènes et aussi important pour conférer ou améliorer la résistance au antibiotique

La variabilité de ces gènes mobiles rend l'identification de gène responsable d'un phénotype particulier difficile.

La transmission des gènes de résistance se fait après la réplication des éléments mobiles. Le transfert de ce « pack de gènes » à des plasmides de conjugaison pour leur dissémination aux espèces pathogènes qui partagent le même habitat exemple : le tractus gastro-intestinal.

Le transfert de plus d'un élément est l'origine de la résistance multi drogue (**Iredel et al., 2015**)

2.3. Le support génétique de la résistance :

Les transposons et gènes cassette, le système intégrons, la séquence d'insertion sont responsables de capturer les gènes de résistance et les déplacer entre les molécules d'ADN dans la même cellule, alors que les plasmides transportent ces gènes de résistance entre bactéries.

- Séquence d'insertion (IS : insertion séquence): deux séquences identiques et opposées dans la direction capables de se déplacer avec la région entre eux qui peut contenir des gènes de résistance.
- Transposons : un élément plus large constitué de : IS + les gènes capturés.
- Intégrons et gènes cassettes : gènes cassette plus d'un gène et un site de recombinaison (attC) ces gènes cassettes sont capturés par des éléments plus grands (intégrons) par recombinaison entre le site attC et site de recombinaison d'intégrons (attI). Par catalyse avec intégrase. l'intégron aussi contient un promoteur pour l'expression de ces gènes cassettes (**Iredel et al., 2015**).

3. Résistance aux betalactames :

3.1. Mode d'action de l'antibiotique :

Beta lactames sont un groupe des antibiotiques capables de se lier au PLP (protéines de liaison des pénicillines), obligatoire pour la peptidation (l'étape finale de construction de la membrane bactérienne), comprennent les pénicillines, céphalosporines, carbapénèmes, pénèmes, monobactames.

3.2. Mécanisme de résistance :

La résistance des enterobacteriaceae est essentiellement via l'enzyme de betalactamase qui hydrolyse le beta-lactame. Plusieurs types de bactéries betalactamases peuvent transférer les gènes encodant pour cette enzyme. On distingue 4 classes : (a,b,c,d)

- La classe A :

inclue les enzymes à spectres étroites notamment blaTEM et blaSHV résistant aux pénicillines et la 1ere génération de céphalosporines, une spectre élargie (BLSE) et les variantes inhibiteur-résistant(un changement en 1-3 acides aminés en quelque positions clefs) apparait après l'introduction de même génération de céphalosporines, les inhibiteurs de b-lactames. On trouve la famille de CTX-M enzyme (résistant au cefotaxime) avec quelque mutations, apparait le variant CAZ (résistant au ceftazidine) et KPC (Klebsiella pneumoniae carbapenemase) plusieurs variantes de cette classe sont classés aujourd'hui comme carbapenemase (**R-Partridge, 2015**)

- La Classe B : metallo b-lactamases :

Elle contient un atome de zinc. En plus de site actif sérine trouvé dans les autres classes. On y trouve les enzymes VIM (*Verona Integron encoded Metallo-β-lactamase*), IMP (*Active on imipenem*), NDM (*New Delhi metallo-β-lactamase*). Contre carbapeneme et b-lactame.

- La Classe C :

Contient les gènes AMPc qui confèrent une résistance aux inhibiteurs de b-lactamase comme l'acide clavulanique et la 3ème génération de céphalosporines.

- La Classe D :

Nommée OXA (oxacillinase) a subit plusieurs mutations (des fautes dans les séquences montrés par nombres (OXA48, OXA10,...ect). Et confère une résistance contre b-lactames, carbapenemes.

- Certaines classes contiennent des porines avec plus d'un enzyme de résistance les rendant plus résistantes (**R-Partridge, 2015**).

3.3. BLSE :

Les bêtalactamases à spectre élargi (BLSE) sont une grande famille très hétérogène d'enzymes bactériennes découverte dans les années 80 en France, puis en Allemagne. Elles sont induites soit par des plasmides (fréquemment), soit par la mutation du génome naturel chez *Klebsiella spp*, codant pour une bêtalactamase SHV. Les deux mécanismes confèrent aux bactéries touchées la capacité d'hydrolyser une grande variété de pénicillines et de céphalosporines. La majorité des BLSE sont le résultat des mutations génétiques de bêtalactamases naturelles, en particulier de TEM-1, TEM-2 et SHV-1 (**Vora et Auckenthaler, 2009**)

3.4. CRE :

Carbapenem-resistant Enterobacteriales : Enterobacteriaceae résistant à un des carbapenem (ertapenem, meropenem, doripenem, or imipenem) ou produisent de carbapenemase (un enzyme les rendant résistantes au carbapenem) (**CDC, 2019**).

Dans le tableau 08, les différents types de beta-lactamases et leurs inhibiteurs.

Tableau 07 : les différents types de beta-lactamases et leurs inhibiteurs (**Vora et Auckenthaler, 2009**).

Tableau 1. Principales bêta-lactamases et leurs inhibiteurs C1G: céphalosporine de première génération; C3G: céphalosporine de troisième génération; EDTA: acide éthylène diamine tétra acétique.							
Enzyme	Activité enzymatique préférentielle					Inhibiteurs	
	Pénicilline	C1G	C3G	Aztréonam	Impénem	Clavulanate	EDTA
Pénicillines à spectre restreint (exemple: TEM-1, SHV-1)	+++	+/-	-	-	-	+++	-
Céphalosporinases (exemple: Enterobacter)	++	+++	+	-	-	-	-
Bêta-lactamases à spectre élargi Dérivés de TEM, SHV	+++	++	++	++	-	+++	-
Métallo-bêta-lactamases Carbapénémase	++	++	++	-	++	-	++

4. Résistance aux aminoglycosides :

4.1. Mode d'action :

La plupart des antibiotiques de cette famille se lient au site de reconnaissance de ARNt (site A), le centre de décodage de ARNt 16 S dans le ribosome empêchant ainsi la synthèse protéique.

4.2. Mécanisme de résistance :

La résistance de cette famille est via la production de l'enzyme modifiant l'aminoglycoside (EMA), et l'enzyme ARNr méthyle transférase (RMtase) (**R-Partridge, 2015**)

5. Résistance aux quinolones :

5.1. Mode d'action :

Quinolones et fluoroquinolones ciblent l'ADN gyrase et topoisomérase IV enzymes.

5.2. Mécanisme de résistance :

Des mutations dans l'ADN entraînent des changements dans ces enzymes rendant la bactérie insensible à l'effet de l'antibiotique (**R-Partridge, 2015**)

6. Résistance au triméthoprime et au sulfonamide :

6.1. Mode d'action :

Utilisées en combinaison (cotrimoxazole), ils inhibent 2 étapes successives de la synthèse de folate.

6.2. Mécanisme de résistance :

La résistance est modulée par la présence des gènes (sul1, sul2, sul3) codant pour l'enzyme dihydroptéroate-synthase résistant à cet effet (**R-Partridge, 2015**)

7. Résistance à la tigecycline :

7.1.Mode d'action :

il inhibe la synthèse protéique en bloquant le ARNt amino-acyl d'entrée dans le site.A de ribosome empêchant ainsi l'incorporation des acides aminée dans la chaîne peptidique.

7.2.Mécanisme de résistance : la résistance est par les pompes d'efflux
(**R-Partridge, 2015**)

8. Résistance à la colistine, polymexine :

8.1.Mode d'action : dans les bactéries gram-, ils ciblent le LPS causant la désintégration de celui-ci et la mort de la bactérie.

8.2. Mécanisme de résistance :

La résistance est essentiellement par les mutations qui change le LPS, autres modification, augmentation de nombre de porines, de production de couche polysaccharide, et des altérations des pompes d'efflux (**R-Partridge, 2015**)

9. La résistance à la fosfomycine :

9.1.Mode d'action:

un antibiotique développé dans l'ère de l'antibiorésistance, il inhibe la biosynthèse de membrane bactérienne par l'alcalisation d'un site actif dans l'enzyme Mur-A empêchant ainsi la formation de l'acide N-acetylmuramique, le précurseur de peptidoglycan.

9.2.Mécanisme de résistance:

La résistance est par la désactivation de cette drogue par les enzymes : FosA-, FosB-, et FosX qui ajoutent respectivement de glutathionne, L-cystéine, ou un groupe hydroxyle à l'anneau oxirane de fosfomycine (**R-Partridge, 2015**).

10. La Multi résistance :

Un isolat devrait être considéré comme MDR s'il est résistant à trois ou quatre des six groupes d'agents antibiotiques énumérés ci-dessous: Tobramycine OU gentamicine ; Pipéracilline-tazobactam ; Imipénème ; méropénème; Céfotaxime ; ceftriaxone ; ceftazidime ; Ciprofloxacine ; Triméthoprim-sulfaméthoxazole (**Longtin, 2019**)

- **XDR :**

Un isolat devrait être considéré comme XDR s'il est résistant à cinq ou six des six groupes d'agents antibiotiques énumérés ci-dessus (**Longtin, 2019**).

Partie :02

Matériel et méthodes

Matériel et méthode :

1. Cadre et objectif de l'étude :

Il s'agit d'une étude transversale allant du 25-04-2021 au 13-06-2021 qui portait sur différents échantillons de viandes (viandes rouges, de poulet et des abats de poulet) recueillis de plusieurs boucheries du centre de la ville.

Les échantillons ont été analysés au niveau de laboratoire de microbiologie au niveau de département de la biologie dans l'université de Chadli Bendjedid.

L'objectif principal de cette étude était de détecter la présence des enterobacteriaceae résistantes aux antibiotiques dans les viandes et signaler les caractéristiques de cette résistance.

1.1. Région de l'étude :

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-Est du pays, à la frontière tunisienne. La wilaya s'étend sur une superficie de 2 912,65 km². Le chef-lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'Est de la capitale Alger. Elle est limitée au nord, par la mer Méditerranée ; à l'est, par la Tunisie ; au sud, par la wilaya de Souk Ahras ; à l'ouest par la wilaya d'Annaba.

Le centre de ville de la commune d'el-tarf (figure n: 01) avec une population estimée de 2970 en 2020 (ANIREF, 2020), a été le lieu de collecte des échantillons dans cette étude.

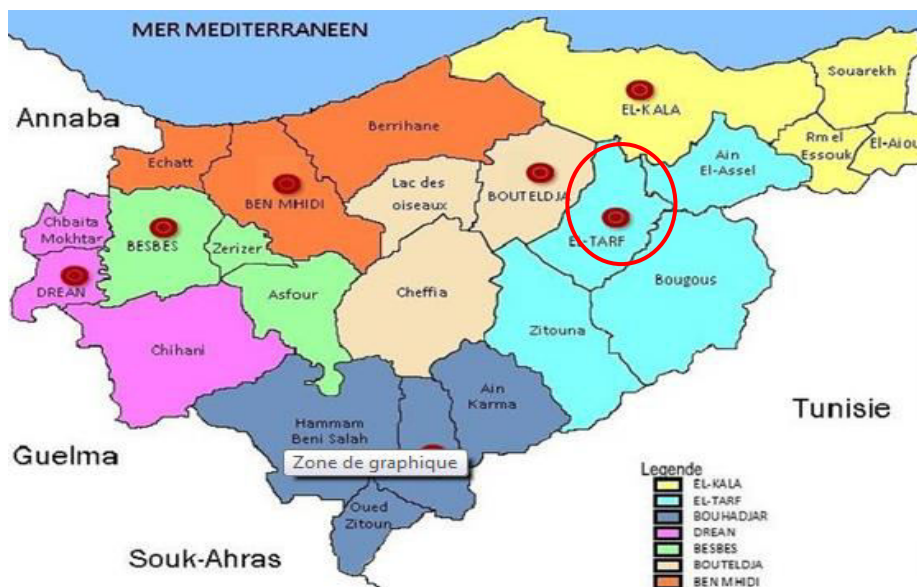


Figure 01: Découpage administratif de la wilaya d'El Tarf, avec la précision de lieu d'étude, (délimitée par un cercle) (ANIREF, 2020)

1.2. Matériel : le matériel utilisé sera cité au cours des étapes de la technique.

2. Echantillonnage :

24 échantillons ont été collectés de plusieurs boucheries situées au centre de la ville d'el taref durant une période de deux mois.

Les prélèvements ont été effectués en respectant l'asepsie des mains et des récipients en verre, de sorte qu'on assure le transport des échantillons de viande dans le même état dans lequel se trouvaient lors de vente au laboratoire sans être un vecteur de contamination.

Les récipients en verre ont été préalablement bouillés dans l'eau pendant 20 min au minimum pour les flacons en verres, les pinces ont été flambées.

Ensuite Les échantillons ont été transportés dans le même jour de collecte au laboratoire de microbiologie pour l'isolement des entérobactéries.

Les échantillons collectés sont classés selon la date, et le type.

Tableau 08: les échantillons collectés dans ce travail.

Date	Référence de prélèvement	type
25/04/2021	p1	Blanc de poulet
27/04/2021	p2	Carcasse bovine
	p3	Cuisse poulet
26/05/2021	p4	Carcasse poulet
30/05/2021	p5	Blanc de poulet
01/06/2021	p6	Abat de poulet
	p7	Abat de poulet
02/06/2021	p8	Abat de poulet
	p9	Abat de poulet
	p10	Abat de poulet
	p11	Blanc poulet
06/06/2021	p12	Carcasse poulet
	p13	Carcasse poulet
09/06/2021	p14	Carcasse poulet
	p15	Carcasse poulet
	p16	Carcasse poulet
13/06/2021	p17	Carcasse poulet
	p18	Carcasse poulet
	p19	Cuisse poulet
	p20	Cuisse poulet
	p21	Cuisse poulet
	p22	Carcasse poulet
	p23	Carcasse poulet
	p24	Carcasse poulet



Figure n°02 : échantillon de viande (n : °11) (**Photo personnelle**).

3. L'isolement :

Une partie de la chaire de chaque échantillon de viande a été prélevée à l'aide d'une pince stérile et mise dans un tube à essai, avec 8ml d'eau physiologique stérile, la solution a été ensuite homogénéisée avec un agitateur pendant une minute.

L'isolement des inoculums a été effectué sur gélose Mac conkey pour la recherche des entérobactéries. La gélose Mac Conkey est un milieu d'isolement ordinaire, lactosé et sélectif des bacilles à Gram négatif non exigeants. La présence de lactose et de rouge neutre permet de connaître le caractère lactose des bactéries. Colonies roses/rouges : acidification du milieu par fermentation du lactose (lactose +), colonies incolores ou jaunes : pas d'acidification du milieu (lactose -).

Après une incubation des boîtes à 37°C pendant 24 h, une étude de caractères cultureux des colonies a été réalisée en s'intéressant aux caractéristiques de la famille des *Enterobacteriaceae* : taille, forme et couleurs des colonies, ainsi que la capacité de fermenter le lactose



Figure 03 : la préparation de l'inoculum pour l'isolement des entérobactéries (Photo personnelle).

4. Purification :

Les colonies obtenues sont hétérogènes et mélangées, pour les purifier, on a réalisé des repiquages sur gélose Macconkey à partir de chaque colonie pour avoir une culture pure.

5. Coloration de gram :

5.1. Le principe :

C'est une coloration qui permet de mettre en évidence les propriétés de la paroi bactérienne, et d'utiliser ces propriétés pour les distinguer et les classer. Son avantage est de donner une information rapide sur les bactéries présentes dans un produit ou un milieu tant sur le type que sur la forme (Willey et Woolverton, 2011).

5.2. La Réalisation du frottis :

On a placé une goutte de la suspension bactérienne sur une lame propre, puis on a étalé la goutte et a laissé le frottis sécher. Passage sur la partie supérieure d'une flamme 2 ou 3 fois pour fixer la préparation, après que la lame a refroidi on a continué avec le protocole de coloration.

5.3. Protocol de La coloration :

1. Coloration par le violet de gentiane ou cristal violet. Laisser agir de 30 secondes à 1 minute. Rincer à l'eau déminéralisée.
2. Mordançage au lugol: étaler le lugol et laisser agir 20 secondes ; Rincer à l'eau déminéralisée.
3. Décoloration (rapide) à l'alcool : verser goutte à goutte l'alcool sur la lame inclinée obliquement, et surveiller la décoloration (5 à 10 secondes). Le filet doit être clair à la fin de la décoloration. Rincer sous un filet d'eau déminéralisée;

4. Recoloration à la fuschine. Laisser agir de 30 secondes à 1 minute. Laver doucement à l'eau déminéralisée. Laisser la lame se sécher.
5. Observer avec une goutte d'huile à immersion objectif 100 (grossissement x1000).

6. L'antibiogramme :

6.1. Définition :

Un antibiogramme est une technique de laboratoire qui a pour objectif de tester la sensibilité d'une souche bactérienne par rapport à un ou plusieurs antibiotiques (**Caquet, 2015**)

6.2. La préparation de l'inoculum :

A partir d'une colonie pure et jeune de 24h, on a préparé un inoculum à l'aide des colonies isolé et prélevées dans un tube contenant 5ml d'eau physiologique stérile, puis homogénéisé avec un vortex.

6.3. L'ensemencement :

Sur des boites Muller Hinton, On a réalisé un ensemencement en tapi par écouvillonnage ;

- Un écouvillon stérile est trempé dans l'inoculum
- un ensemencement en stries très serrés par 3 passages (la boite est tournée 60° à chaque fois) pour une bonne distribution de l'inoculum,
- les boites ensuite sont laissé sécher une période de temps.

6.4. L'application des disques :

À l'aide d'une pince préalablement flambée, on applique les disques en appuyant légèrement, une distance de 0.5 de bord de disque et 3 cm entre les disques est respectée.

6.5. L'incubation :

Les boites ont été incubées dans l'étuve à 37 ° pendant 24h.

6.6. La lecture :

Après l'incubation, des zones d'inhibition apparaissent autour des disques, ces zones ont été mesurées et les résultats ont été interprétés selon CSFM.2021 (**CASFM, 2021**)

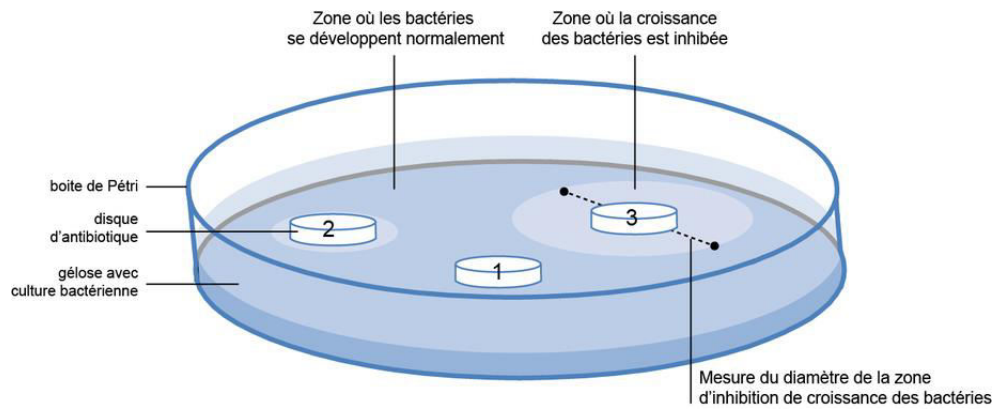


Figure04 : le principe de l'antibiogramme (anonyme, 2021).



Figure 05 : préparation antibiogramme (Photo personnelle)

Tableau 09 : les antibiotiques utilisés dans l'antibiogramme.

Antibiotique	nom	Charge de disque	classe	famille
AMC :	Amoxiciline +acide clavulanique	30 ug	pénicilline	betalactam
AM :	ampicilline	10 ug		
FOX:	cefoxitine	30 ug	2eme génération céphalosporines	
CRO :	ceftriaxone	30 ug	3eme génération céphalosporines	
ATM :	azetronam	30 ug	monobactam	
IPM	imipineme	10 ug	carbapeneme	
CIP	Ciprofloaxcine	5 ug	fluoroquinolones	quinolones
CN	gentamycine	15 ug	aminoglycoside	aminosides
AK	amikacine	30 ug		
SXT	trimethoprim sulfamethoxazole	25 ug	sulfonamides	sulfamides
CL	colistine	50 ug	Polymyxine E	polypeptides
FF	fosfomycine	50 ug	Dérivé de l'A.phosphonique	(n'est pas classé avec des autres familles)

Partie : 03

***Résultats et
discussion***

Résultats et discussion :

1. Résultats :

1.1. taux de contamination :

à partir de 24 échantillons de viande (viande rouge, poulet, abat de poulet), récupérées de plusieurs boucheries de la région d'El taref, 21 ont révélé une culture positive, soit un tau de contamination de 87.5%.

Tableau 10: résultats de l'isolement.

Le prélèvement	résultats	Fermentation de Lactose	Nombre de colonies isolés
P1	N	/	0
P2	Poly	3 Lac+,1 lac-	4
P3	poly	2 Lac+,1 lac-	3
P4	N	/	0
P5	poly	2 Lac+	2
P6	mono	1 Lac+	1
P7	poly	2 lac+	2
P8	mono	1 lac+	1
P9	mono	1 Lac+	1
P10	poly	2 Lac+	2
P11	N	/	0
P12	poly	2Lac+	2
P13	poly	2Lac+	2
P14	poly	2Lac+	2
P15	mono	1Lac+	1
P16	poly	2Lac+	2
P17	mono	1 Lac+	1
P18	poly	2Lac+, 1 lac-	3
P19	mono	1 Lac+	1
P20	mono	1 Lac+	1
P21	mono	1 Lac+	1
P22	poly	2 Lac+	2
P23	poly	2 Lac+	2
P24	poly	2 Lac+	2

(poly/mono : poly microbien/ mono-microbien. N : négatif. Lac+ : fermente le lactose, lac- : ne fermente pas le lactose).

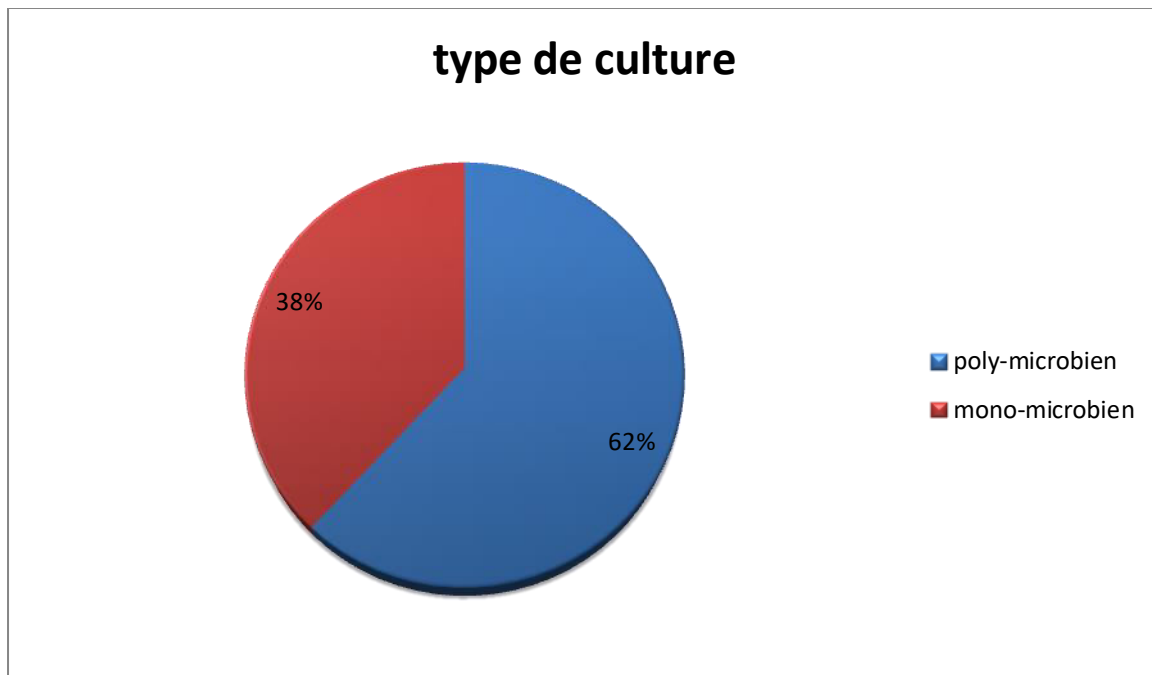


Figure n°06 : le pourcentage des cultures poly et mono microbiennes.

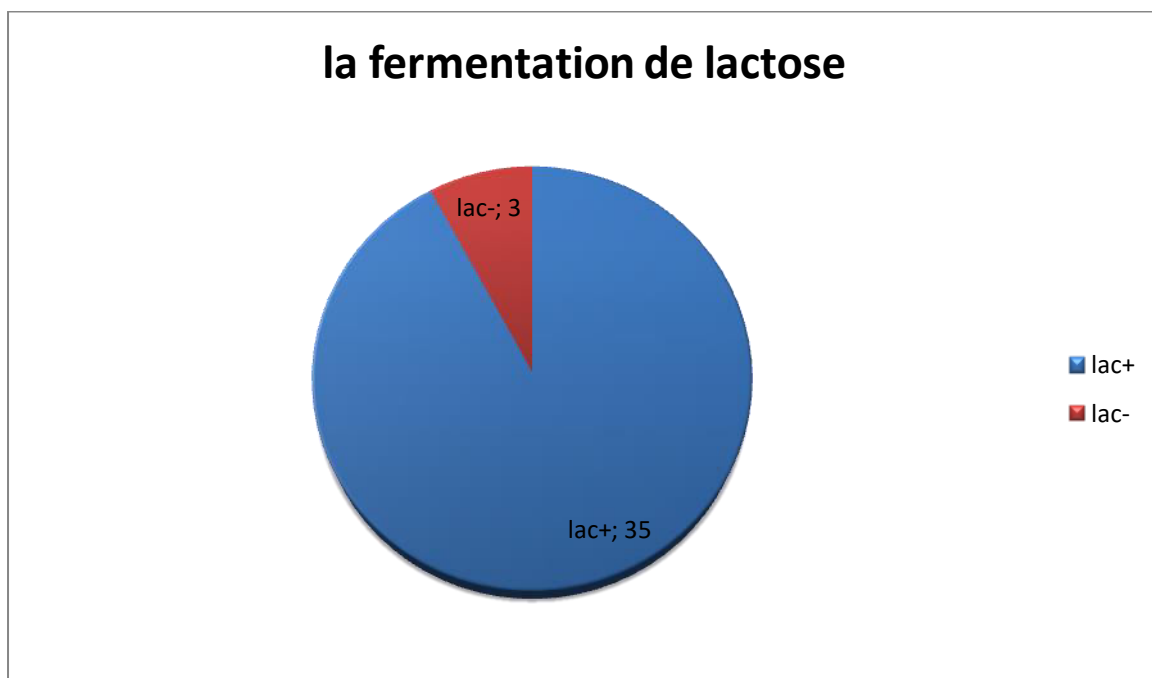


Figure n°07 : la prévalence des entérobactéries lactose+, et lactose-.

1.2. Caractères morphologiques des isolats :

Suite à la coloration de gram on pouvait voir des coccobacilles et des bâtonnées colorées en rose, certaines bipolaires.

1.3. Caractères cultureux des isolats:

Les isolats ont été de morphologies divers, de coloration rose (fermente le lactose) ou transparente (ne fermente pas le lactose). Les colonies ont été de taille de 01 jusqu'au 04 mm de diamètre.

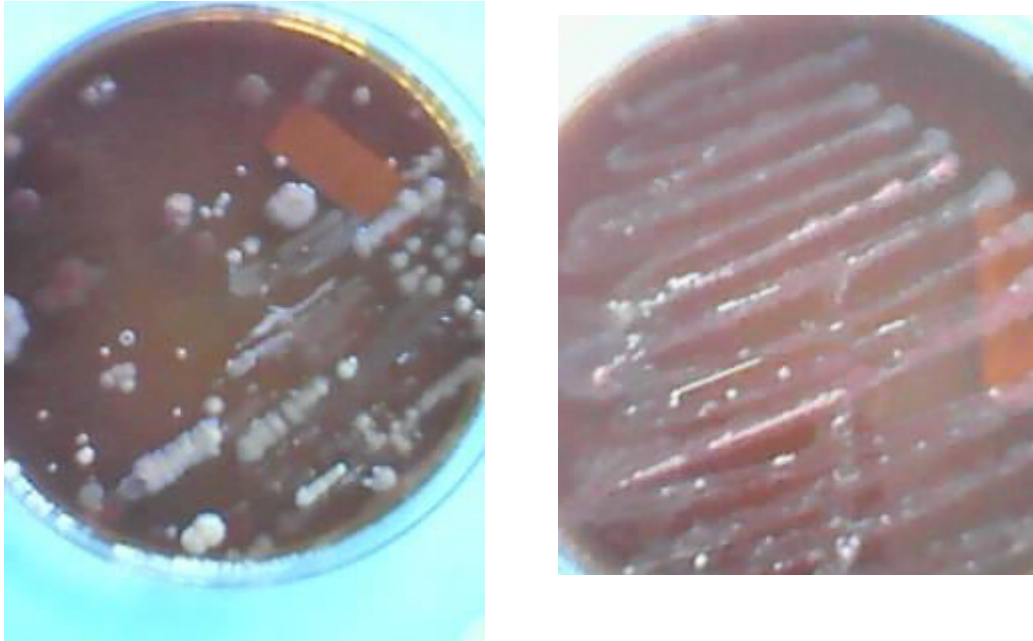


Figure n° 08: culture poly microbienne de prélèvement 02.03 respectivement sur gélose macconkey (**photos personnelles**).



Figure n°09 : culture négative de prélèvement 01 sur gélose macconkey. (**Photo personnelle**).

1.4. Sensibilité aux antibiotiques :

14 isolats qui ont fermenté le lactose ont été sélectionné d'un totale de 38 isolats et testés pour la sensibilité à l'antibiotique. Les résultats de l'antibiogramme dans le tableau n°: 12.

Tableau 11 : les mesures des zones d'inhibition en millimètre de diamètre.

souche/anti biotique	A MC	A M	C R O	IP M	AT M	Fo x		FF	C N	C L	A K	CI P	Sx T
1	06	06	25	22	22	/		27	15	11	14	19	/
2	06	06	25	25	20	20		32	16	13	15	07	/
3	06	06	20	18	29	15		34	15	11	15	06	06
4	06	06	30	25	26	20		36	12	10	19	30	06
5	06	06	24	25	26	20		34	16	14	18	30	/
6	06	06	24	22	25	19		29	20	11	19	07	/
7	06	06	25	20	25	18		30	15	12	16	06	/
8	06	06	24	26	22	22		36	14	12	16	16	/
9	06	06	24	26	26	18		30	15	14	16	20	/
10	/	06	24	22	06	20		30	18	10	16	09	/
11	/	06	30	26	32	24		16	18	14	14	24	23
12	/	06	26	26	30	20		30	16	10	18	08	/
13	/	06	24	24	26	18		32	20	12	20	30	/
14	/	06	26	26	26	16		22	14	11	06	20	/

(/ : L'antibiotique n'a pas été utilisé pour l'isolat ; (amc : Amoxicilline-acide clavulanique , cro : ceftriaxone , ipm : imipineme , atm : Azétronam , fox : Céfoxitine , ff : fosfomycine, cn : gentamycine , cl : colistine , ak : amikacine , cip : Ciprofloxacine , sxt : Triméthoprim-sulfaméthoxazole).

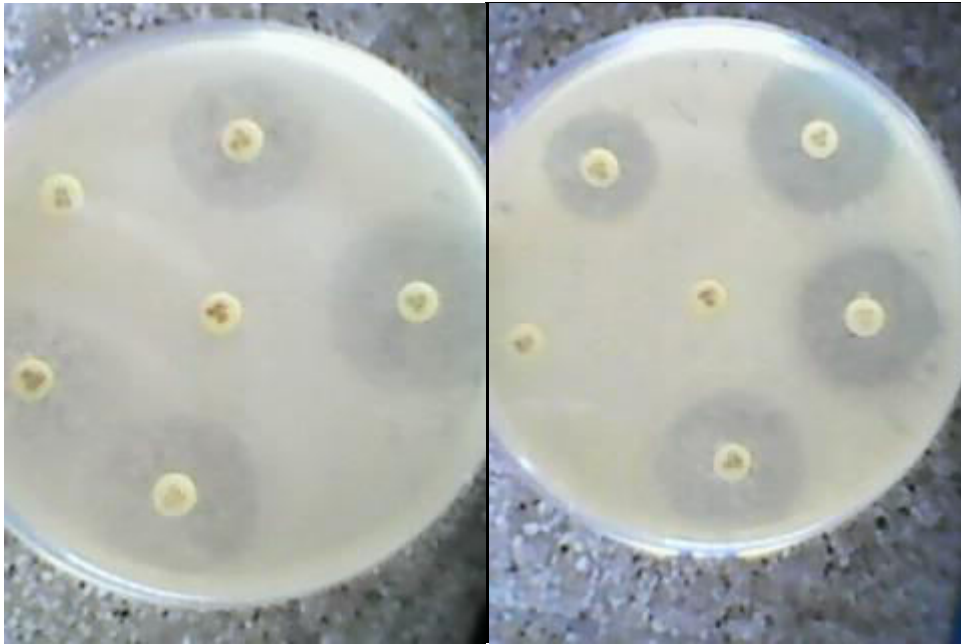


Figure n°10 : Antibiogramme de la souche : n° : (05,14: isolées de l'échantillon n°02,16 respectivement) (**Photos personnelles**).

L'interprétation selon CASFM. 2021 (**CA-SFM / EUCAST, 2021**)

Tableau 12: sensibilité et résistance des souches testées.

	AMC	AM	CRO	IPM	ATM	FOX	FF	CN	CL	AK	CIP	SXT
1	R	R	S	S	R		S	R	S	R	R	
2	R	R	S	S	R	S	S	R	S	R	R	
3	R	R	S	R	S	R	S	R	S	R	R	R
4	R	R	S	S	S	S	S	R	R	S	S	R
5	R	R	R	S	S	S	S	R	S	S	S	
6	R	R	R	S	R	S	S	S	S	S	R	
7	R	R	S	R	R	R	S	R	S	R	R	
8	R	R	R	S	R	S	S	R	S	R	R	
9	R	R	R	S	S	R	S	R	S	R	R	
10	R	R	R	S	R	S	S	S	R	R	R	
11	R	R	S	S	S	S	R	S	S	R	R	S
12	R	R	S	S	S	S	S	R	R	S	R	
13	R	R	R	S	S	R	S	S	S	S	S	
14	R	R	S	S	S	R	R	R	S	R	R	

(amc : Amoxicilline-acide clavulanique , cro : ceftriaxone , ipm : imipineme , atm : Azétronam , fox : Céfoxitine , ff: fosfomycine, cn : gentamycine , cl: colistine , ak :amikacine , cip : Ciprofloxacine , sxt : Triméthoprime- sulfaméthoxazole).

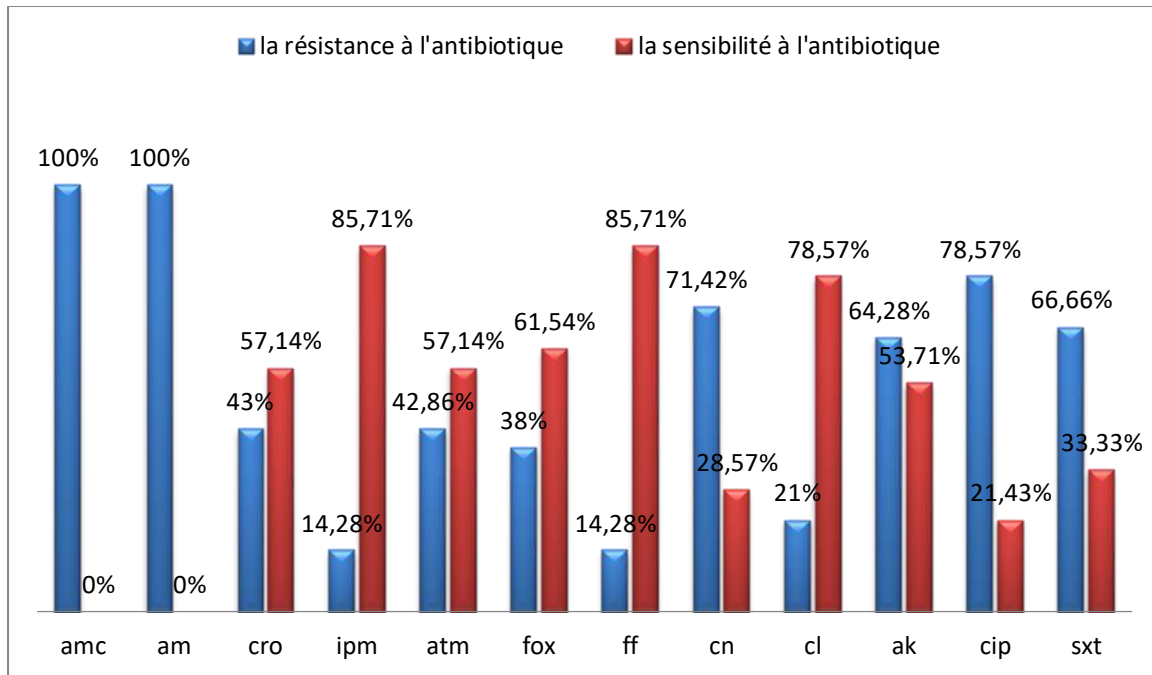


Figure 11 : la résistance et la sensibilité de l'ensemble des souches à chaque antibiotique.

(amc : Amoxicilline-acide clavulanique , cro : ceftriaxone , ipm : imipineme , atm : Azétronam , fox : Céfoxitine , ff : fosfomycine, cn : gentamycine , cl : colistine , ak :amikacine , cip : Ciprofloxacine , sxt : Triméthoprim- sulfaméthoxazole).

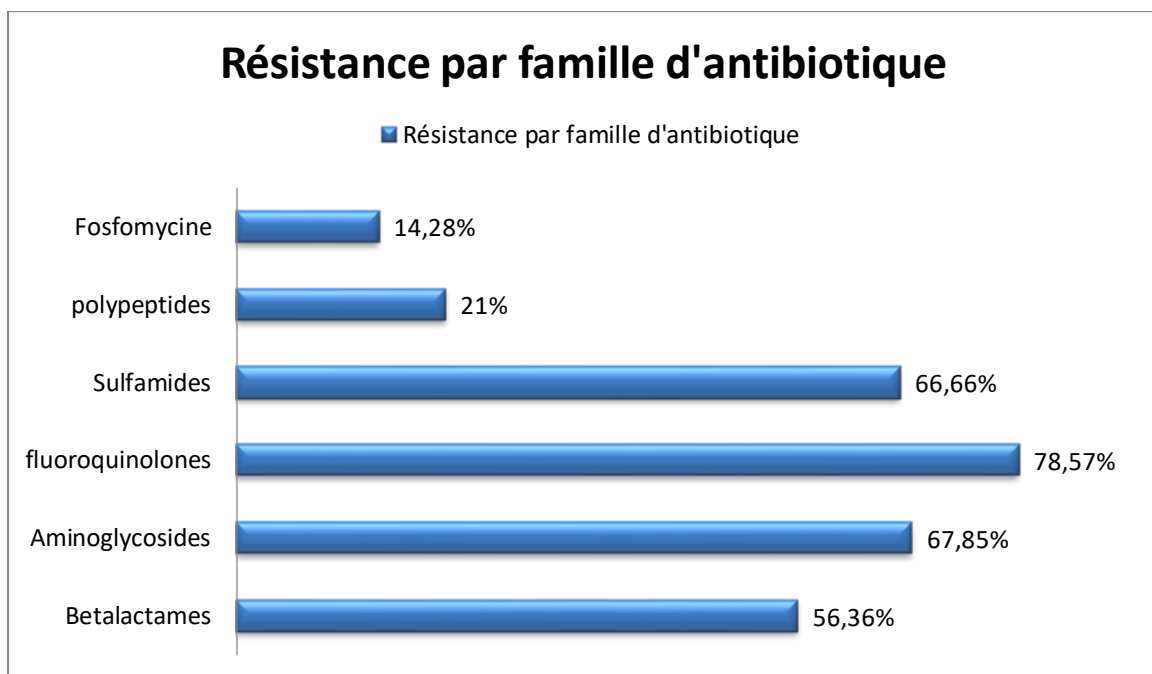


Figure 12 : la résistance par famille d'antibiotique.

Résultats de résistance par famille d'antibiotique:

- La famille des Bêtalactamines : Dans les 14 isolats on a détecté 100% de résistance pour les pénicillines (Ampiciline et le mélange Amoxicilline-acide clavulanique) ; les céphalosporines (Ceftriaxone 43% , Céfoxitine 38%); les Monobactame (Azétronam : 42.86%). Carbapenemes: (imipinemes :14.28%),
- La famille des Aminoglycosides : (la gentamicine : 71,42%) ; (l' Amikacine : 64,28%).
- La famille des Fluoroquinolones (Ciprofloxacine : 78.57%)
- la Famille des sulfamides (Triméthoprime- sulfaméthoxazole : pour 3 souches sélectionnées au hasard et testés, 2 ont été résistantes : 66.66%).
- pour les polypeptides (colistine : 21%),
- la fosfomycine (14.28%).

2. Discussion :

La résistance aux antibiotiques est un problème majeur de santé publique, c'est simplement l'incapacité de l'antibiotique à éliminer la bactérie, d'autre mots c'est l'incapacité de guérir certains infections par manque de traitement efficace (OMS, 2020).

L'alimentation humaine qui est en partie dépendante des produits animaux, peut constituer une source de transmission de ces bactéries résistantes soit par la contamination exogène (après l'abatage de l'animal) ou endogène (avant l'abatage) des ces aliments. Les entérobactéries, un groupe des bactéries connue par leur résistance naturelle aux certains antibiotiques et aussi par leur capacité de transmettre cette résistance aux autres bactéries constitue un danger en cas de leur présence dans nos aliments notamment les viandes qui se contamine facilement (OMS, 2020).

L'objectif de ce travail est d'évaluer le taux de contamination bactérienne des viandes destinées à la consommation à la wilaya d'EL Tarf et de déterminer le niveau et le type de résistance aux antibiotiques des entérobactéries isolées.

De 24 échantillons issus de plusieurs boucheries de la région d'El Tarf, (viande rouge, poulet, abat de poulet), 21 ont été positifs en culture sur milieu Mac Conkey, soit un taux de contamination de 87.5% ; ce taux est proche à celui détecté en Espagne en 2020 (84%) pour les viandes de poulet et de dinde (Díaz-Jiménez et al., 2020) et inférieur à celui déclaré en tunisie (95%) par *Escherichia coli* signalé en Tunisie la même année (Hassen et al., 2020)

En Algérie, un taux de contamination des viandes de 19.43% par *Salmonella* a été détecté à Alger en 2012 (Mezali et Hamdi., 2012).

Ces taux de contamination peuvent être dus au non-respect des règles d'hygiène au lieu de vente ou au niveau des abattoirs, parmi les échantillons des poulets achetés. Le non port des gants par certains vendeurs a été également remarqué, cela peut être aussi une des causes probables de la contamination.

Le taux de production de bêtalactamases à spectre étendu (BLSE) des souches d'entérobactéries isolées dans notre étude était de de 43%.

La prévalence générale d'*Echerichia coli* BLSE isolées des viandes dans les pays africains a été estimée de 16.3% en 2017 (l'étude a été basée sur les études faites sur plusieurs pays africains), comparé d'Espagne et les pays bas ou le taux de contamination a été de (84.93%) et (76.8%) respectivement (Alonso et all., 2017). En Bangladesh 65.5% des salmonelles isolées des viande de poulet ont été BLSE (Parvin et al., 2020).

Le taux de résistance aux carbapenemes dans notre étude était de 14.28% ; ce taux est comparable à celui signalé lors d'une étude similaire à l'ouest du pays (16.0%) (Chaalal et al., 2019) et inférieur à celui trouvé à Bangladesh (48.6%) parmi les souches de *Salmonella* isolées des viandes (Parvin et al., 2020).

Concernant la résistance aux aminosides un taux de 67.85% a été révélé par les souches isolées dans la présente étude. Ce qui reste supérieur à celui détecté en Tunisie (22%) **(Hassen et al., 2020)**

Un taux 78.57% de résistance aux quinolones a été détecté dans cette étude qui est proche à celui trouvé dans une étude des souches de *Escherichia coli* isolées des viandes à Annaba (87.8%) en 2017 **(Merradi et al., 2017)**

La colistine est le traitement de dernier recours des infections graves causées par les bactéries à Gram Négatif **(Belbel et al., 2018)**. L'augmentation cependant de la résistance à cette agent antimicrobien signalée dans plusieurs parties de monde est alarmante **(Doret et al., 2016)**. Dans l'étude courante, nous avons détecté un taux de 21% parmi les isolats testés. cette résistance venant de viandes destinées à la consommation humaine rappelle le risque de transmission de la résistance via l'alimentation.

Les études précédentes sur les viande à l'Algérie ont signalé pour la plupart une susceptibilité au colistine, une étude à l'ouest a reporté un taux de résistance de 12.2% parmi les entérobactéries isolées de viande de poulets **(Chaal et al., 2021)**, ces taux alarmants restent inférieurs comparés au taux 42.06% détecté en Tunisie **(Hassen et al., 2020)** mais proche à celui trouvé dans l'ile de Zanzibar (18.9%) **(Budel et al., 2020)**.

Un taux de 19% résistance à la colistine a été détecté dans les entérobactéries isolées des viandes importées de différents origines et 2% dans les viandes de lapin importé de chine selon une étude tchèque effectuée en 2019 **(Gelbíčová et al., 2019)**

Les principaux facteurs contribuant à l'apparition de la résistance sont l'usage abusif ou excessif des médicaments ; l'absence d'accès à l'eau potable, à l'assainissement et à l'hygiène pour les êtres humains comme pour les animaux ; des mesures de prévention et de lutte contre les infections dans les établissements de soins et les élevages agricoles ; un accès insuffisant à des médicaments, des vaccins et des produits de diagnostic de qualité et d'un coût abordable ; l'absence de prise de conscience et de connaissance du phénomène ; et les lacunes dans l'application de la législation **(OMS, 2020)**.

L'antibio-résistance est un défi mondial et les efforts doivent être collectifs, sur le plan national, la mise des réglementations et la sensibilisation est la première étape dans la lutte, suivie par des actions des individus et des acteurs de différents secteurs.

L'éviction de l'automédication et le respect des règles d'hygiène pour la préparation de la nourriture, en respectant les cinq clés pour des aliments plus sains (les garder propres, séparer les aliments crus et cuits, bien les cuire, les conserver aliments à une température adaptée) et le choix des produits d'élevage sans antibiotiques est demandé sur le plan individuel.

Sur le plan national, le renforcement des mesures de prévention et de lutte contre les infections et la réglementation de l'usage rationnel peut avoir comme conséquence de diminuer le taux de résistance. l'investissement dans la recherche et le développement de nouveaux antibiotiques, vaccins, produits de diagnostic et autres outils est essentiel pour combattre le phénomène ainsi que la limitation de l'usage des antibiotiques hors contrôle vétérinaire et surtout celui pour des fins non curatifs comme promoteurs de croissance ; à la

place, augmenter la sécurité biologique dans les exploitations agricoles pour éviter les infections en améliorant l'hygiène et le bien-être des animaux et appliquer des bons pratiques tout au long de la chaîne de production est désormais essentiel (**OMS, 2020**).

Partie : 04

Conclusion

Conclusion

Cette étude a fourni de nouvelles données sur la prévalence des entérobactéries résistantes aux antibiotiques isolées des viandes destinées à la consommation à El Tarf.

L'analyse bactériologique de 24 échantillons de viandes (viandes rouges, de poulet et des abats de poulet) a révélé d'abord un taux de contamination de 87.5% et une diversité de bactéries isolées.

Les tests de sensibilité aux antibiotiques ont révélé des taux des résistances importants à la plupart des antibiotiques cliniquement pertinents : la production de BLSE et de carbapénémases était de 43% et de 14 % respectivement ainsi qu'une résistance de 21% à la colistine.

Notre étude montre le risque de transmission de ces résistomes via l'alimentation humaine et accentue l'importance de respecter les règles d'hygiène aux niveaux des boucheries.

Perspectives :

Suite à ce travail préliminaire nous croyons qu'il reste important de :

- Identifier les souches multirésistantes aux antibiotiques isolées des viandes.
- Etudier les gènes de résistance aux antibiotiques et identifier leurs supports génétiques
- Sensibiliser les vendeurs de l'importance de respecter les règles d'hygiène pour minimiser le risque de la propagation de l'antibiorésistance via l'alimentation.

Référence :

- **Alonso, C.A ., Zarazaga, M., Ben Sallem, R., Jouini, A., Ben Slama, K., Torres, C. 2017 :** Antibiotic resistance in Escherichia coli in husbandry animals: the African perspective. Lett Appl Microbiol; 64(5):318-334.
- **AMSA. 2016.** Meat Science Lexicon. American Meat Science Association, Chicago, IL.
- **Belbel, Z., Lalaoui, R., Bakour, S., Nedjai, S., Djahmi, N., Rolain, J-M. 2018 :** First report of colistin resistance in an OXA-48- and a CTX-M-15 producing Klebsiella pneumoniae clinical isolate in Algeria due to PmrB protein modification and mgrB inactivation. J Glob Antimicrob Resist;14:158-160
- **Büdel, T., Kuenzli, E., Campos-Madueno, E. I., Mohammed, A. H., Hassan, N. K., Zinsstag, J., Endimiani, A. 2020 :** On the island of Zanzibar people in the community are frequently colonized with the same MDR Enterobacterales found in poultry and retailed chicken meat. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. J Antimicrob Chemother; 75(9):2432-2441
- **CASFM. 2021 :** Comité de l'antibiogramme de la Société Française de Microbiologie. recommandations; V.1.0.
- **Caquet, R. 2015.** 250 examens de laboratoire. 12e édition
- **Chaalal, N., Touati, A., Bakour, S., Aissa, M. A., Sotto, A., Lavigne, J-P & Pantel, A. 2020 :** Spread of OXA-48 and NDM-1-Producing Klebsiella pneumoniae ST48 and ST101 in Chicken Meat in Western Algeria. Microbial Drug Resistance.MICROBIAL DRUG RESISTANCE ; Volume 00, Number 00, Mary Ann Liebert, Inc.
- **Chaalal, N., Touati, A., Yahiaoui-Martinez, A ., Aissa,M-A ., Sotto,A. , Lavigne,j-p., Pantel, A. 2021 :** Colistin-Resistant Enterobacterales Isolated from Chicken Meat in Western Algeria. Microb Drug Resist. doi: 10.1089/mdr.2020.0109.
- **Díaz-Jiménez, D., García-Meniño, I., Fernández, J., García, V & Mora, A. 2020 :** Chicken and turkey meat: Consumer exposure to multidrug-resistant Enterobacteriaceae including mcr-carriers, uropathogenic E. coli and high-risk lineages such as ST131. International Journal of Food Microbiology, 331, 108750.
- **Doret, L., Bonnin, R., Jousset, A., Gauthier, L & Naas, T. 2016 :** Émergence de la résistance à la colistine chez les entérobactéries : une brèche dans le dernier rempart contre la pan-résistance ! Journal Des Anti-Infectieux, 18(4), 139–159.

- **EFSA ECDC. 2016** : The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food, in 2014. *EFSA journal* 14: 4380.
- **Gelbíčová, T., Baráková, A., Florianová, M., Jamborová, I ., Zelendová, M, Pospíšilová, L, Koláčková,I & Karpíšková, R. 2019** : Dissemination and Comparison of Genetic Determinants of mcr-Mediated Colistin Resistance in Enterobacteriaceae via Retailed Raw Meat Products.Front Microbiol;10:2824.
- **Hassen, B., Abbassi, M. S., Ruiz-Ripa, L., Mama, O. M., Hassen, A., Torres, C & Hammami, S. 2020** : High prevalence of mcr-1 encoding colistin resistance and first identification of blaCTX-M-55 in ESBL/CMY-2-producing Escherichia coli isolated from chicken faeces and retail meat in Tunisia. *International Journal of Food Microbiology.*, 318, 108478.
- **ISO. 2015** : Organisation internationale de normalisation. ISO 13628-10.
- **Iredell, J., Brown, J., Tagg, K. 2015** : Antibiotic resistance in Enterobacteriaceae: mechanisms and clinical implications. *BMJ*; 351:h6420
- **Lawrie, R .2006**. Lawrie's meat science.
- **Longtin, J. 2019**: Cadre pour l'implantation des définitions de multirésistance (MDR) et d'ultrarésistance (XDR). *Inspq (institut nationale de la santé publique de quibèc)*.
- **Meradi, L., Barguigua, A., Nayme, K., Abdi A., Zerouali, K., El Mdaghri, N., Timinouni, M. 2017** : Occurrence of plasmid-mediated quinolone resistance and virulence genes in avian Escherichia coli isolates from Algeria. *J Infect Dev Ctries* ; 11(2):143-151.
- **Mezali, L., & Hamdi, T-M. 2012**: Prevalence and Antimicrobial Resistance of Salmonella Isolated from Meat and Meat Products in Algiers (Algeria). *Foodborne Pathogens and Disease*, 9(6), 522–529.

- **Mutsch, I. 2018:** Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires : LIGNES directrices pour l'interprétation. Le gouvernement de grand duché Luxembourg. Ministère de la santé. Division de la sécurité alimentaire. FZ/LZ/PH. F-054 Rev05 Page 1/57
- **Nhung, N. T., Chansiripornchai, N., & Carrique-Mas, J-J. 2017 :** Antimicrobial Resistance in Bacterial Poultry Pathogens: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*, 4.
- **Niamy, V ; Keita, S; Guilloteau, B. 1997 :** *Revue élev.méd.vet. pays trop* ;,50 (02),167-170
- **Parvin. S., 1, Hasan, M., 1., Ali. M-A., Chowdhury. E-H., Rahman, M-T., Islam, M-T. 2020 :** Prevalence and Multidrug Resistance Pattern of Salmonella Carrying Extended-Spectrum β -Lactamase in Frozen Chicken Meat in Bangladesh. *J Food Prot* ;83(12):2107-2121.
- **PUBLIC HEALTH ENGLAND. 2013.** UK Standards for Microbiology Investigations. Identification of Enterobacteriaceae. Issued by the Standards Unit, Microbiology Services, PHE Bacteriology – Identification ID 16 ,Issue no: dp+ ,Page: 1 of 14.
- **R-Partridge, S. 2015:** Molecular diagnostic in microbiology. Resistance mechanisms in Enterobacteriaceae. *Pathology* ; 47(3), pp. 276–284
- **Rebbah, N., Messai, Y., Châtre, P., Haenni, M., Madec, J. Y & Bakour, R. 2017 :** Diversity of CTX-M Extended-Spectrum β -Lactamases in Escherichia coli Isolates from Retail Raw Ground Beef: First Report of CTX-M-24 and CTX-M-32 in Algeria. *Microbial Drug Resistance*. Volume00, Number00, MaryAnnLiebert,Inc.
- **Saliu, E-M., Vahjen, W., & Zentek, J. 2017 :** Types and prevalence of extended-spectrum beta-lactamase producing Enterobacteriaceae in poultry. *Animal Health Research Reviews*, 18(01), 46–57.
- **Slettemeås, J-S, Sunde, M, Ulstad, C-R, Norström, M, Wester, A-L, Urdahl A-M. 2019 :** Occurrence and characterization of quinolone resistant Escherichia coli from Norwegian turkey meat and complete sequence of an IncX1 plasmid encoding qnrS1. *PLoS One.*;14(3):e0212936.

- **SMIPEV. 2017.** Société marocaine d'infectiologie pédiatrique et de vaccinologie.
- **Vora, S ; Auckenthaler, R. 2009:** Que signifie : « betalactamases à spectre élargie » en pratique ?. *Rey Med Suisse* ; Volume 5. 1991-1994
- **Reygaert. 2018 :** Review. An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria. *AIMS Microbiology*, 4(3): 482–501.
- **Williams, P. 2007.** Nutritional composition of red meat. *nutr. diet.* 64 (suppl. 4), S113_S119
- **Willey, S et Woolverton, P. 2011.** *Microbiology*. 4^e édition.
- **Ziheng, X., Wang, M., Zhou, C., Gu, G., Liang, J., Hou, X & Wei, P. 2020 :** Prevalence and antimicrobial resistance of retail-meat-borne *Salmonella* in southern China during the years 2009–2016: The diversity of contamination and the resistance evolution of multidrug-resistant isolates. *International Journal of Food Microbiology*, 108790.

Sites officiels :

- **ANIREF. 2020 :** L'Agence nationale d'intermédiation et de régulation foncière
<http://www.aniref.dz/index.php/extensions/jevents?layout=edit&id=100>
- **CDC. 2019 :** Centers for disease control and prevention.
<https://www.cdc.gov/hai/organisms/cre/>
- **USDA. 2019 :** Département Américain de l'agriculture.
<https://ask.usda.gov/s/article/What-is-the-composition-of-meat-and-poultry>
- **FAO.2019 :** food and agriculture organisation.
<http://www.fao.org>
- **FRB. 2017 :** fondation pour la recherche sur la biodiversité. La pollution des écosystèmes et l'antibiorésistance, deux questions étroitement liées. Article1. FRB1, biodiversité et santé.

<https://www.fondationbiodiversite.fr/la-pollution-des-ecosystemes-et-lantibioresistance-deux-questions-etroitement-liees/>

- **Gouvernement français pour les solidarités et santé. 2021**
<https://solidarites-sante.gouv.fr/>
- **OIE. 2021** : Organisation mondiale de la santé animale.
<https://www.oie.int/fr/ce-que-nous-faisons/initiatives-mondiales/une-seule-sante/>
- **OMS. 2015** : Organisation mondiale de la santé.
<https://www.who.int/topics/nutrition/fr/>
- **OMS. 2020** : Organisation mondiale de la santé.
<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>

Liste des anonymes :

- **Anonyme. 2021**
<https://microbiologie-clinique.com/antibiogramme.html>

Annexe 01 : présentation de milieu de MAC Conkey.**MAC CONKEY + CRYSTAL VIOLET**

REF 63617

REF 69084

MILIEU D'ISOLEMENT SELECTIF DES ENTEROBACTERIES

2014/04

1- APPLICATION

Le milieu de Mac Conkey + Cristal Violet est utilisé pour isoler et dénombrer les Entérobactéries. Il est particulièrement adapté pour l'isolement des *Salmonella*, *Shigella* et *Escherichia coli* entéropathogènes.

2- PRINCIPE

La sélectivité du milieu est basée sur l'action conjuguée des sels biliaires (inhibition des bactéries non entériques) et du cristal violet (inhibition des cocci à Gram (+)).

La différenciation des Entérobactéries est basée sur leur capacité à fermenter ou non le lactose. Si il y a fermentation, cela induit une acidification qui se traduit par une coloration rouge des colonies.

3- PRESENTATION

- Milieu prêt à l'emploi
 - coffret de 20 boîtes de Petri (90 mm) (MCV) code 63617
- Milieu déshydraté
 - flacon de 500 g code 69084

4- COMPOSITION THEORIQUE (en g/l d'eau distillée)

Le milieu de Mac Conkey + Cristal Violet correspond au milieu H de la Pharmacopée Européenne. (1)

Peptones bactériologiques	20
Sels biliaires	1,5
Chlorure de sodium	5
Lactose	10
Rouge neutre	0,03
Cristal violet	0,001
Agar	13,5
pH final	7,1 ± 0,2

Préparation du milieu :

Homogénéiser la poudre contenue dans le flacon.

Mettre 51,5 grammes de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau fraîchement distillée. Faire bouillir jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes. Laisser refroidir à 50°C avant répartition en boîte de Petri ou en flacon.

Annexe 02 : présentation de milieu Muller Hinton.

MUELLER-HINTON

69444

**BOUILLON / MILIEU DE CULTURE POUR L'ETUDE DE LA SENSIBILITE
AUX AGENTS ANTIBACTERIENS**

IVD

1- APPLICATION

Le bouillon Mueller-Hinton est un milieu liquide nutritif utilisé pour l'étude de la sensibilité des bactéries aérobie et anaérobies facultatives vis à vis des agents antimicrobiens. Il est utilisé comme milieu de culture pour réaliser la technique d'antibiogramme en méthode de dilution (1, 2) ou bien comme milieu de base pour préparer tout inoculum bactérien.

2- PRINCIPE

La précision des résultats d'antibiogramme est assurée par la standardisation de la composition du milieu utilisé. Des variations de pH, de concentration en cations divalents ou/et en thymidine peuvent entraîner des différences dans les résultats obtenus. Par conséquent, le bouillon Mueller-Hinton Bio-Rad est faiblement concentré en thymine et en thymidine et la concentration en calcium et en magnésium est contrôlée. Cette formulation permet d'assurer l'exactitude de Concentrations Minimales Inhibitrices (CMI) obtenues avec les souches de contrôle recommandées par les références internationales (4,5).

3- PRESENTATION

- Milieu déshydraté
- flacon de 500 g code 69444

4- COMPOSITION THEORIQUE (en g/l d'eau distillée)*

Le milieu Mueller-Hinton avec ou sans addition de sang de mouton est préparé selon la formule décrite par W.H.O. (4)

Infusion de viande	2,0
Hydrolysat de caséine	17,5
Amidon de maïs	1,5
pH final	7,3 ± 0,1
Ca ²⁺	20 - 25 mg/L
Mg ²⁺	10 - 12,5 mg/L

* formule adaptée pour assurer les meilleures performances du milieu.

Préparation du milieu :

Homogénéiser la poudre contenue dans le flacon.

Mélanger **25 grammes** de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée stérile jusqu'à obtention d'une suspension homogène. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes. Répartir en tubes ou flacons stériles.

Annexes 03 : partie enterobacterales (CASFM, 2021).

Pénicillines	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Les <i>Enterobacterales</i> productrices de BLSE sont souvent catégorisées «sensibles» aux pénicillines associées aux inhibiteurs de β-lactamases de classe A (acide clavulanique, tazobactam). Si l'utilisation d'une de ces associations est retenue par le clinicien pour traiter une infection due à une <i>Entérobactériale</i> productrice de BLSE, il y a lieu de mesurer la CMI de l'association retenue si l'infection à traiter est autre qu'une infection du tractus urinaire. Catégoriser «résistant» un isolat clinique catégorisé «sensible» à la pipéracilline alors qu'il est catégorisé «résistant» ou «sensible à forte posologie» à la ticarcilline (EUCAST expert rules v.3.2 juin 2019). Les β-lactamases hydrolysant la ticarcilline hydrolysent également la pipéracilline, mais la résistance peut être moins évidente si l'expression de la β-lactamase est faible (principalement observée chez <i>Klebsiella</i> spp. et <i>E. coli</i>). Cette règle ne s'applique pas aux associations pénicillines-inhibiteurs de β-lactamases.								
Ampicilline	8 ¹	8 ¹		10	14 ^{A,B}	14 ^{A,B}		1/A. Les souches sauvages d' <i>Enterobacterales</i> du groupe I (<i>E. coli</i> , <i>P. mirabilis</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp.) sont sensibles à l'amoxicilline. B. Ignorer la pousse fine dans la zone d'inhibition. Une double zone d'inhibition peut être observée avec certains lots de MH : ignorer cette zone de croissance interne et mesurer le diamètre du halo d'inhibition au niveau de la bordure externe. 2. Pour évaluer la sensibilité, la concentration en sulbactam est fixée à 4 mg/L. 3. Pour évaluer la sensibilité, la concentration d'acide clavulanique est fixée à 2 mg/L. 4. Pour évaluer la sensibilité, la concentration du tazobactam est fixée à 4 mg/L. C. Ignorer les colonies situées dans la zone d'inhibition. pour les isolats de l'espèce <i>E. coli</i> : 5. La dose 2 g x 2 peut être utilisée dans le traitement des IU non compliquées dues à des bactéries hébergeant des mécanismes de résistance aux bêta-lactamines. 6. La méthode de référence pour déterminer la CMI du mécillinam est la dilution en milieu gélosé.
Ampicilline-sulbactam	8 ²	8 ²		10-10	14 ^B	14 ^B		
Amoxicilline	8 ¹	8 ¹		20	19 ^{A,B}	19 ^{A,B}		
Amoxicilline-acide clavulanique	8 ³	8 ³		20-10	19 ^B	19 ^B	19-20	
Amoxicilline-acide clavulanique (infections urinaires non compliquées uniquement)	32 ³	32 ³		20-10	16 ^B	16 ^B		
Pipéracilline	8	46 8		30	20	47 20		
Pipéracilline-tazobactam	8 ⁴	46 8 ⁴	16	30-6	20	47 20	47-19	
Ticarcilline	8	16		75	23	20		
Ticarcilline-acide clavulanique	8 ³	16 ³		75-10	23	20		
Témocilline ⁵	8 0,001	8 16		30	20 50 ^C	20 17 ^C		
Mécillinam oral (infections urinaires non compliquées uniquement) <i>E. coli</i> , <i>Citrobacter</i> spp., <i>Klebsiella</i> spp., <i>Raoultella</i> spp., <i>Enterobacter</i> spp. et <i>P. mirabilis</i>	8 ⁶	8 ⁶		10	15 ^C	15 ^C		

V1.0 Avril 2021

39

Enterobacterales

Céphalosporines	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Céfaclor	-	-			-	-		1. La détermination de la CMI par microdilution en milieu liquide doit être réalisée dans un bouillon de Mueller-Hinton déplété en fer et une lecture spécifique doit être réalisée (instructions techniques et conditions de lecture consultables sur le site de l'EUCAST). 2. Le seuil épidémiologique (E-COFF) de la céfoxitine (isolat sauvage ≤ 8 mg/L) a une haute sensibilité mais une faible spécificité pour la détection des <i>Enterobacterales</i> produisant une céphalosporinase (AmpC), car l'activité de cet antibiotique est aussi affectée par les altérations de perméabilité. 3. Les concentrations critiques sont établies à partir du Cefotolozane. Pour évaluer la sensibilité, la concentration du tazobactam est fixée à 4 mg/L. 4. Pour évaluer la sensibilité, la concentration de l'avibactam est fixée à 4 mg/L.
Céfadroxil (infections urinaires non compliquées uniquement)	16	16		30	12	12		
Céfalexine (infections urinaires non compliquées uniquement)	16	16		30	14	14		
Céfépime	1	4		30	27	24		
Céfidérocol	2 ¹	2 ¹		30	22	22	18-22	
Céfixime (infections urinaires non compliquées uniquement)	1	1		5	17	17		
Céfotaxime	1	2		5	20	17		
Céfotaxime (méningites)	1	1		5	20	20		
Céfoxitine	8	16		30	19	15		
Céfoxitine (dépistage) ²	NA	NA		30	19	19		
Cefpodoxime (infections urinaires non compliquées uniquement)	1	1		10	21	21		
Ceftaroline	0,5	0,5		5	23	23	22-23	
Ceftobiprole	0,25	0,25		5	23	23		
Ceftolozane-tazobactam ²	2	2		30-10	23 22	23 22	19-21	
Ceftazidime	1	4		10	22	19		
Ceftazidime-avibacta ⁴	8	8		10-4	13	13		
Ceftibuten (cystites)	1	1		30	23	23		
Ceftriaxone	1	2		30	25	22		
Ceftriaxone (méningites)	1	1		30	25	25		
Céfuroxime iv <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp. (sauf <i>K. aerogenes</i>), <i>Raoultella</i> spp. et <i>P. mirabilis</i>	0,001	8		30	50	19		
Céfuroxime oral (infections urinaires non compliquées uniquement) <i>E. coli</i> , <i>Klebsiella</i> spp. (sauf <i>K. aerogenes</i>), <i>Raoultella</i> spp. et <i>P. mirabilis</i>	8	8		30	19	19		

Carbapénèmes	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
<p>Les concentrations critiques des carbapénèmes ont été définies de sorte que les isolats cliniques producteurs de mécanismes de résistance importants sur le plan clinique incluant la majorité des carbapénémases chez les <i>Enterobacterales</i> sont catégorisés « sensibles à forte posologie » ou « résistants » à ces molécules. Toutefois, certains isolats d'<i>Enterobacterales</i> producteurs de carbapénémases (EPC) sont catégorisés « sensibles à dose standard » aux carbapénèmes et doivent être rapportés comme tels ; la présence d'une carbapénémase n'interfère pas sur la catégorisation de ces EPC. La détection des carbapénémases est cependant recommandée sur le plan épidémiologique pour surveiller et contrôler leur diffusion.</p> <p>Il faut donc considérer comme SUSPECTE d'EPC toute souche de SENSIBILITE DIMINUEE (« I ») : sensible à forte posologie/R) à au moins l'une des carbapénèmes. La détection des EPC par de simples tests phénotypiques n'est pas aisée car le niveau de résistance aux carbapénèmes est variable et peut parfois être à la limite du seuil de sensibilité. L'ertapénème est le carbapénème qui possède la meilleure sensibilité pour la détection des EPC. Ainsi, toute souche possédant une diminution de sensibilité à l'ertapénème [un diamètre d'inhibition (disque 10 µg) < 25 mm par test de diffusion en gélose] peut être soumise à l'algorithme de screening des souches productrices de carbapénémase (annexe 9).</p> <p>Les souches suspectes d'EPC selon cet algorithme doivent être soumises à un test de confirmation de production de carbapénémase.</p> <p>Parmi les tests de confirmation, le Hodge test n'est plus recommandé car difficile à standardiser : présence de faux-positifs et de faux-négatifs. Parmi les autres tests de confirmation actuellement disponibles certains, parmi lesquels des tests enzymatiques, peuvent présenter des problèmes de sensibilité (non détection des OXA-48-like qui sont les carbapénémases les plus fréquentes en France).</p>								
Ertapénème	0,5	0,5		10	25 ^A	25 ^A		<p>A. Déterminer la CMI de l'ertapénème en cas de résistance à l'ertapénème selon la méthode de diffusion en gélose.</p> <p>1. Un bas niveau de résistance est commun aux <i>Morganellaceae</i> impose l'utilisation de fortes posologies.</p> <p>2. Pour évaluer la sensibilité, la concentration de relebactam est fixée à 4 mg/L.</p> <p>3. Pour évaluer la sensibilité, la concentration de vaborbactam est fixée à 8 mg/L.</p>
Imipénème	2	4		10	22	47 19		
Imipénème ¹	0,001	4		10	50	47 19		
Morganellaceae								
Imipénème-relebactam, <i>Enterobacterales</i> sauf <i>Morganellaceae</i>	2 ²	2 ²		10-25	22	22		
Méropénème	2	8		10	22	16		
Méropénème (méningites)	2	2		10	22	22		
Méropénème-vaborbactam	8 ³	8 ³		EP	EP	EP		

Monobactames	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Aztréonam ¹	1	4		30	26	21		<p>1. Les concentrations critiques de l'aztréonam ont été définies de sorte que les isolats cliniques d'<i>Enterobacterales</i> producteurs de mécanismes de résistance importants, incluant les BLSE, sont catégorisés « I » sensibles à forte posologie ou « résistants ». Toutefois certains isolats d'<i>Enterobacterales</i> qui produisent des BLSE sont catégorisés « sensibles à dose standard » à l'aztréonam et doivent être rapportés comme tels ; la présence d'une BLSE n'interfère pas sur la catégorisation de ces isolats cliniques. La détection des BLSE est cependant recommandée sur le plan épidémiologique pour surveiller et contrôler leur diffusion.</p>

Fluoroquinolones <i>Enterobacterales</i> (à l'exception du genre <i>Salmonella</i>)	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
<p>À l'exception du genre <i>Salmonella</i>, toute souche de la famille des <i>Enterobacterales</i> catégorisée résistante à la ciprofloxacine doit également être catégorisée résistante vis-à-vis de toutes les autres fluoroquinolones ; pour les souches non résistantes à la ciprofloxacine, les autres fluoroquinolones doivent être évaluées séparément en raison de différences d'activité intrinsèque (EUCAST expert rules v. 3.2). Les résistances requièrent l'acquisition d'au moins deux mutations dans les gènes <i>gyrA</i> ou <i>gyrB</i> plus <i>parC</i>. Exceptionnellement, la production de l'enzyme AAC(6)-Ib-cr peut affecter la ciprofloxacine sans altérer la lévofloxacine, mais les concentrations et diamètres critiques actuels ne permettent pas de détecter cette différence.</p>								
Acide nalidixique (dépistage)	NA	NA			NA	NA		<p>1/A. Le disque de péfloxacine à 5 µg utilisé pour le dépistage de la résistance aux fluoroquinolones chez <i>Salmonella</i> spp. peut également être utilisé pour la détection des bas niveaux de résistance aux fluoroquinolones des entérobactéries suivantes : <i>E. coli</i>, <i>K. pneumoniae</i>, et <i>Shigella</i> spp. Si le diamètre autour du disque de péfloxacine est ≥ 24 mm, les souches sont dépourvues de mécanismes de résistance aux fluoroquinolones. Si le diamètre autour du disque de péfloxacine est < 24 mm et que les autres fluoroquinolones testées sont catégorisées « sensibles à dose standard », il n'y a pas lieu de modifier leur catégorisation clinique, mais le compte-rendu peut faire l'objet d'un commentaire indiquant la présence d'un bas niveau de résistance aux fluoroquinolones et le risque de sélection de mutants résistants.</p> <p>B. La méthode par diffusion n'a pas encore été développée pour cette molécule : réaliser le test par la mesure de la CMI.</p>
Ciprofloxacine	0,25	0,5	0,5	5	25	22	22-24	
Péfloxacine (dépistage) ¹ , <i>E. coli</i> , <i>K. pneumoniae</i> , et <i>Shigella</i> spp.	NA	NA		5	24 ^A	24 ^A		
Délafloxacine, <i>E. coli</i>	0,125	0,125			Note ^B	Note ^B		
Lévofloxacine	0,5	1		5	23	19		
Moxifloxacine	0,25	0,25		5	22	22		
Norfloxacine (infections urinaires non compliquées uniquement)	0,5	0,5		10	22	22		
Ofloxacine	0,25	0,5		5	24	22		

Fluoroquinolones <i>Salmonella</i> spp.	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Pour les souches du genre <i>Salmonella</i> , si la ciprofloxacine est catégorisée résistante, les autres fluoroquinolones doivent être évaluées séparément en raison de différences d'activité intrinsèque, avec un commentaire indiquant le risque potentiel d'échec clinique lié à l'utilisation des fluoroquinolones (EUCAST expert rules v. 3.2). Des échecs cliniques de traitement par fluoroquinolones ont été décrits pour les souches ayant acquis une ou plusieurs mutations dans le gène <i>gyrA</i> (ces données concernent principalement la ciprofloxacine).								
Acide nalidixique (dépistage)	NA	NA	0,5	5	NA	NA	22-24	1. Des données cliniques montrent une faible efficacité de la ciprofloxacine dans les infections systémiques causées par les souches de <i>Salmonella</i> spp. présentant un bas niveau de résistance aux fluoroquinolones (CMI > 0,06 mg/L). Les données disponibles concernent principalement <i>Salmonella</i> Typhi, mais des cas ont été également rapportés avec d'autres sérotypes de <i>Salmonella</i> . A. À l'exception des souches de <i>Salmonella</i> spp. isolées d'infection entérique, l'activité de la ciprofloxacine ne peut être évaluée que par la mesure directe de la CMI ou par l'utilisation du disque de péfloxacin (voir Note B), car la méthode de diffusion ne permet pas la détection des bas niveaux de résistance de <i>Salmonella</i> à la ciprofloxacine (dans ce contexte, la détection des mécanismes de résistance aux fluoroquinolones par la mesure directe de la CMI de la ciprofloxacine ou par le dépistage basé sur le disque de péfloxacin est plus sensible qu'avec l'acide nalidixique ou les autres fluoroquinolones). B. Si le diamètre autour du disque de péfloxacin est ≥ 24 mm, les souches de <i>Salmonella</i> spp. peuvent être catégorisées « sensibles à dose standard » pour la ciprofloxacine, quel que soit leur site d'isolement. Si le diamètre autour du disque de péfloxacin est < 24 mm, les souches de <i>Salmonella</i> spp. peuvent être catégorisées « résistantes » à la ciprofloxacine, mais uniquement s'il ne s'agit pas d'une souche isolée d'infection entérique.
Ciprofloxacine (souches isolées d'infection entérique)	0,25	0,5			25	22		
Ciprofloxacine ¹ (hors souches d'infection entérique)	0,06	0,06			Note ^A	Note ^A		
Péfloxacin (dépistage) ¹	NA	NA		5	24 ^B	24 ^B		
Lévofloxacine	0,5	1		5	23	19		
Moxifloxacine	0,25	0,25		5	22	22		
Norfloxacine (infections urinaires non compliquées uniquement)	0,5	0,5		10	22	22		
Ofloxacine	0,25	0,5		5	24	22		

Aminosides	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Chez <i>Providencia stuartii</i> , après vérification de l'identification, interpréter en « résistant » les résultats « sensibles » à la gentamicine et à la tobramycine (résistance naturelle par production d'une AAC (2')-I). Chez <i>Serratia marcescens</i> , après vérification de l'identification, interpréter en « résistant » les résultats « sensibles » à la tobramycine et à l'amikacine (résistance naturelle par production d'une AAC (6')-1c). Chez <i>Salmonella</i> spp., interpréter en « résistant » tout résultat « sensible » aux aminosides testés (EUCAST expert rules v.3.2 juin 2019). Les phénotypes suivants : gentamicine « résistant », tobramycine « sensible », et amikacine « sensible », ou gentamicine « sensible », tobramycine « résistant » et amikacine « sensible », ou gentamicine « sensible », tobramycine « sensible » et amikacine « résistant » ou gentamicine « sensible », tobramycine « résistant », et amikacine « résistant » demeurent improbables. Vérifier l'identification et l'antibiogramme, ainsi que l'interprétation.								
Amikacine	8	8		30	18	18		Concentrations critiques valables uniquement pour les fortes posologies.
Gentamicine	2	2		10	17	17		Pour les infections systémiques, les valeurs de concentrations critiques proposées correspondent aux E-COFFs qui distinguent les souches sauvages des souches ayant acquis un mécanisme de résistance. Pour les infections urinaires, il s'agit de vraies concentrations critiques.
Nétilmicine	EPI	EPI			EPI	EPI		
Tobramycine	2	2		10	4-7 16	4-7 16		

Autres antibiotiques	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	
Chloramphénicol	8	8		30	17	17		1. Interprétation valable pour la polymyxine B. A. Les diamètres d'inhibition ne permettent pas de détecter toutes les résistances acquises ce qui impose de déterminer la CMI en cas d'utilisation thérapeutique. Déterminer la CMI par dilution en milieu liquide (la micro-dilution est la méthode de référence). Les autres méthodes ne doivent plus être utilisées pour cet antibiotique.
Colistine	2 ¹	2 ¹			Note ^A	Note ^A		
Fosfomycine IV	32	32		200	24 21 ^B	24 21 ^B		B. La résistance acquise à la fosfomycine est homogène. La présence de colonies dans la zone d'inhibition ne doit pas être prise en compte (voir photo ci-dessous).
Fosfomycine orale (infections urinaires non compliquées uniquement)	32 8 ²	32 8 ²		200	24 ^B	24 ^B		2. Interprétation valable pour l'association fosfomycine-trométamol. La méthode de référence pour déterminer la CMI de la fosfomycine est la dilution en milieu gélosé en présence de 25 mg/L de glucose-6-phosphate.
Nitrofurantoïne (infections urinaires non compliquées uniquement)	64	64		100	11	11		
Nitroxoline (infections urinaires non compliquées uniquement)	16	16		30	15	15		
Triméthoprime (infections urinaires non compliquées uniquement)	4	4		5	15	15		

Autres antibiotiques	Concentrations critiques (mg/L)			Charge du disque (µg)	Diamètres critiques (mm)			Notes
	S ≤	R >	ZIT		S ≥	R <	ZIT	Chiffres arabes pour les commentaires portant sur les concentrations critiques (CMI) Lettres pour les commentaires portant sur les diamètres critiques d'inhibition
Triméthoprim-sulfaméthoxazole ^{3 4}	2 ³	4 ³		1,25-23,75	14	11		3. Le ratio triméthoprim-sulfaméthoxazole est 1:19. Les concentrations critiques sont fondées sur les concentrations critiques du triméthoprim. 4. Interprétation valable pour les autres associations triméthoprim-sulfamide. Les souches isolées d'infections urinaires et catégorisées «sensibles» au triméthoprim doivent être catégorisées «sensibles» à l'association triméthoprim-sulfaméthoxazole (cotrimoxazole).

