



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Microbiologie قسم ميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie moléculaire des microorganismes

Intitulé :

Évaluation de la contamination microbienne des smartphones et efficacité des techniques courantes de désinfection: synthèse bibliographique

Formatted: Font: Bold, Complex Script Font: Bold

Présenté et soutenu par : *BOUABDALLAH Rania*
OUMAMAR Fedoua

Le : 11/10/2020

Jury d'évaluation :

Président du jury : KADEM Dhaou El Djabine (Prof.- UFM Constantine).

Rapporteur : HADDI Mohamed-Laid (Prof.- UFM Constantine).

Examineur : OULMI Lamia (Docteur.- UFM Constantine).

Année universitaire

2019- 2020

Remerciements

En premier lieu, nos remerciements s'adressent à Dieu le TOUT PUISSANT, qui nous a donné la patience, la force et le courage d'élaborer ce projet de fin d'étude.

Nous remercions notre encadreur M. HADDI M. L. Professeur à l'Université de Constantine 1, pour ses précieuses orientations, conseils et suivi durant la rédaction de ce mémoire de Master.

Nous tenons à remercier également les membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail

Professeur KADEM Dhaou El Djabine pour avoir accepté de présider ce jury

Docteur OULMI Lamia pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement tous nos enseignants de Microbiologie, ce sont eux qui nous ont donné les bagages scientifiques nécessaires pour réaliser ce mémoire.

Dédicace

A ma mère, la maman la plus géniale au monde, pour les efforts que tu m'as toujours consacré pour que je sois parmi les meilleures, pour le courage et le soutien que tu m'a toujours apporté, et pour ton amour inconditionnel, sans toi je ne saurais jamais arriver à ou je suis maintenant.

A mon père, pour les efforts que tu fais toujours pour nous ainsi que pour ton soutien et ton amour.

A mon frère Mehdi et ma soeur Baya Hiba, je n'imaginerai jamais ma vie sans vous, vous êtes ma joie.

A mes seurs de coeur khawla, Sara et Fedoua, pour l'intensité des choses que nous partageons, et pour tous nos moments de folie ensemble, je suis très heureuse de vous avoir dans ma vie.

A toute la famille Neghiche, Bouabdallah et Bensari, pour le support et le courage que vous m'avez toujours assuré.

A mes collègues de l'ENSB Dounia Zed, Nawras, je remercie dieu de vous avoir mis sur mon chemin.

Et à toutes mes collègues de la promotion 2020 en Biologie moléculaire des microorganismes à l'UFMC.

Rania

Dedicace

العائلة هي كل شيء أنت صفر إذا لم تكن عائلتك إلى جانبك، أنت غير موجود، إنهم يداك و ذراعاك و ساقاك،

ستكون لا أحد إن لم تكن عائلتك خلفك، تظن أنك أنت من نجحت، لكنهم هم من فعل.

عائلتي لك كل الحب و التقدير و جزيل الشكر أهدي هذا العمل لك على رأس العائلة فاطمة أمي و محمد أبي، أختي

سيلينا، أنتم كل شيء و هذا العمل أنتم من نجح فيه.

و يقول عائلة أشكر كل عائلة دراجة فردا فردا، جدتي رحمك الله ، لقد وفيت بوعدتي.

و عائلة أخرى يجب ذكرها، هم اخوتك من أمهات أخريات: إلى رفيقتي رانيا في العمل و في درب الحياة.

إلى جميع أصدقائي في الكفاح:

نورس، دنيا زاد، رحمة. سوسن و ليليا والبقية.... لأن الصفحة لا تكفي، شكرا على وجودكم.

و لا أنسى ذكرا مساعدة أصدقائي في العالم الافتراضي شكرا نهاد بوطاوي و ياسمين كانكايد.

...فمن أنت بدون عائلتك و أصدقائك...!؟

فدوى

SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	1
<i>Partie A : revue bibliographique</i>	<u>34</u>
<i>1 Généralités sur les smartphones</i>	<u>34</u>
1.1 Définition des smartphones	<u>34</u>
1.2 Evolution de l'utilisation des smartphones.....	<u>34</u>
1.3 La contamination microbienne des smartphones.....	<u>45</u>
1.3.1 La flore cutanée	<u>45</u>
1.3.2 Les smartphones dans le milieu hospitalier.....	<u>67</u>
<i>2 Microorganismes communément isolés des smartphones</i>	<u>89</u>
2.1 Définition de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....	<u>89</u>
2.2 Les staphylocoques.....	<u>89</u>
2.2.1 Habitat	<u>89</u>
2.2.2 Pouvoir pathogène.....	<u>89</u>
Diagnostic bactériologique	9
2.2.3.....	9
2.2.4 Identification	<u>94</u>
2.3 Les streptocoques	10
2.3.1 Habitat	10
2.3.2 Pouvoir pathogène.....	<u>104</u>
2.3.3 Diagnostic bactériologique.....	<u>104</u>
2.3.4 Identification	11
2.4 Les bacilles à Gram positif.....	<u>114</u>
2.4.1 Corynebacter	<u>114</u>
2.4.1.1 Habitat	<u>114</u>
2.4.1.2 Pouvoir pathogène.....	<u>114</u>
2.4.1.3 Diagnostic bactériologique.....	<u>114</u>

2.4.1.4	Identification	12
2.4.2	Bacillus	1213
2.4.2.1	Habitat	1213
2.4.2.2	Pouvoir pathogène	1213
2.4.2.3	Diagnostic bactériologique	1213
2.4.2.4	Identification	13
2.5	Les entérobactéries (Escherichia coli)	1314
2.5.1	Habitat	1314
2.5.2	Pouvoir pathogène	1314
2.5.3	Diagnostic bactériologique	1314
2.5.4	Caractères cultureux et métaboliques	1415
2.5.5	Identification	15
3	<i>La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones</i>	17
3.1	Choix de la technique de prélèvement	17
3.2	Choix du milieu de culture	18
3.3	Méthodes d'identification	19
3.3.1	Identification des bactéries	19
3.3.2	Identification des champignons	23
3.3.3	Identification moléculaire des bactéries et champignons	25
	<i>Partie B : Matériel et méthodes</i>	3231
4	<i>Matériel et méthodes</i>	3231
4.1	Prélèvements microbiologiques et ensemencement des milieux de culture	3231
4.1.1	Prélèvement par écouvillonnage	3331
4.1.2	Prélèvement par le papier collant	3433
4.2	Incubation des cultures bactériennes et fongiques	3634
4.3	Dénombrement des colonies	3634
4.4	Purification des cultures	3635

4.5	Identification des isolats bactériens et fongiques	3735
4.5.1	Identification des bactéries	3735
4.5.2	Identification des champignons	3937
5	<i>Résultats et discussion</i>	4240
5.1	Taux de contamination microbienne des smartphones et microorganismes isolés	4644
5.2	Influence du lavage des mains sur la population bactérienne.....	5047
5.3	La relation entre la nature des couvercles des smartphones et la contamination microbienne	5149
5.4	Méthodes de décontamination des smartphones	5250
5.4.1	La décontamination des smartphones par l'alcool 70°	5250
5.4.2	La décontamination des smartphones par le chlorure de digluconate et le triclosan : 5354	
5.4.3	La décontamination des smartphones par le Surfanios	5553
5.4.4	La décontamination des smartphones par le chlorure de benzalkonium	5553
	<i>Conclusion et perspectives</i>	5956
	<i>Références bibliographiques</i>	6359
	<i>Annexes</i>	7267
	<i>Résumé</i>	7368
	<i>Abstract</i>	7469
	<i>ملخص</i>	7570

Liste des figures

Figure 1: Culture sur gélose au sang des bactéries isolées d'un téléphone portable révélée par la méthode des boîtes contact (Koljalg et al., 2017)	78
Figure 2: Observation microscopique de <i>Staphylococcus aureus</i> après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfi, 2011)	910
Figure 3: Observation microscopique de <i>Streptococcus pyogenes</i> après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfii, 2011)	1011
Figure 4: Observation microscopique des Corynébactéries après coloration de Gram,	1112
Figure 5: Observation microscopique de <i>Bacillus</i> , grossissement 100 (Moustanfii, 2011)	1213
Figure 6: Observation microscopique d' <i>Escherichia coli</i> après coloration de Gram,	14
Figure 7: Technique de prélèvement par écouvillonnage (Moustanfii, 2011)	1817
Figure 8: Prélèvement d'une surface par une gélose de contact (www.steris-ast.com) .	18
Figure 9: Aspect du milieu LB (fr.wikipedia.org)	19
Figure 10: Structure de l'enveloppe des bactéries à Gram positif et des bactéries à Gram négatif (Comes Florens, 2011)	21
Figure 11: Couleur des bactéries à Gram positif et à Gram négatif sous microscope optique après coloration de Gram (resistancebacteriesantibiotiques.wordpress.com)..	21
Figure 12: Galerie biochimique classique (macro-galerie) composée de 11 tests biochimiques destinés à l'identification des Enterobacteriaceae (Laadra et Kaabouche, 2016).....	22
Figure 13 : Galerie miniaturisée API 10S composée de 10 microtubes prêts à l'emploi contenant un substrat déshydraté, permettant de réaliser 10 tests biochimiques afin d'identifier des bacilles à Gram (-) appartenant à la famille des Enterobacteriaceae (droguet-sebastien.e-monsite.com)	23
Figure 14 : Organes de fructifications du genre <i>Aspergillus</i> (A) et du genre <i>Rhizopus</i> (B) (Lecellier, 2013)	24
Figure 15: Zones de prélèvement.....	3331
Figure 16: Technique de prélèvement par écouvillonnage	3332

Figure 17: Technique de prélèvement par le papier collant.....	3533
Figure 18: Techniques de prélèvement pour chaque smartphone.....	3634
Figure 19: Schéma du protocole de la coloration de Gram (Amartin, 2016).....	3836
Figure 20: Action de la fréquence du lavage des mains sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011).	5148
Figure 21: Action de la nature du lavage des mains sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011).....	5149
Figure 22: Action de la matière du couvercle du téléphone sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011).....	5249
Figure 23: Type et fréquence des bactéries isolées des téléphones portables avant et après décontamination (Zaman et Helmi, 2017).	5351
Figure 24: Cultures sur gélose au sang des bactéries isolées des téléphones mobiles avant (à droite) et après désinfection (à gauche) par le chlorure de digluconate et le triclosan (Koscova et al., 2018).	5452
Figure 25: Cultures bactériennes montrant la contamination de trois téléphones portables avant et après décontamination avec des lingettes antimicrobiennes contenant le chlorure de benzalkonium comme principe actif et montrant sa différence d'efficacité (Verran, 2012).....	5654

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition de la population en fonction du type de téléphone mobile détenu (www.wikizero.com).....	34 <u>34</u>
Tableau 2: Flore résidente et transitaire de la peau (Goetz, 2016).....	67 <u>67</u>
Tableau 3: Différentes études sur la flore des smartphones à travers le monde.....	27
Tableau 5: Caractères coloniaux des isolats bactériens.....	3735 <u>3735</u>
Tableau 6: Forme et mode de regroupement des isolats bactériens.	3836 <u>3836</u>
Tableau 8: Critères d'identification des isolats fongiques.....	4038 <u>4038</u>
Tableau 9: Les résultats de l'isolement des microorganismes retrouvés à la surface des téléphones mobiles dans plusieurs pays.	4240 <u>4240</u>
Tableau 10: La croissance bactérienne avant et après décontamination des téléphones portables avec l'alcool 70° (Zaman et Helmi, 2017).	5250 <u>5250</u>
Tableau 11: Pourcentage des bactéries isolées de la surface des téléphones mobiles (n=25) avant et après désinfection par le chlorure de digluconate et le triclosan (Koscova et al., 2018).....	5553 <u>5553</u>
Tableau 12: Nombre moyen d'UFC et taux de contamination bactérienne des smartphones avant et après décontamination par des lingettes imbibées du Surfanyos (Murgier et al., 2016).	5553 <u>5553</u>

Liste des abréviations

ADN	Acide désoxyribonucléique
AFLP	Amplified fragment length polymorphism
API 20E	Appareils et Procédés d'Identification des entérobactéries
API STAPH-IDENT	Appareils et Procédés d'Identification des staphylocoques
API-Coryne	Appareils et Procédés d'Identification des corynéformes
ARNr16s	Acide ribonucléique ribosomique 16s
ARNr23s	Acide ribonucléique ribosomique 23s
BEA	Gélose Bile-Esculine-Azide.
BCC	Bouillon Cœur-Cerveille
BIBI	Bioinformatic Bacterial Identification
CHX	Chlorhexidine
CNA	Colistin Nalidixic Acid Agar ou Columbia au sang
CNS	Coagulase negative staphylococci
E.H.E.C	E.coli entéro-hémorragiques
E.I.E.C	E.coli entéro-invasives
E.P.E.C	E.coli entéro-pathogènes
E.T.E.C	E.coli entérotoxigènes
EMB	Eosin Methylene Blue ou gélose éosine bleu de méthylène
FTAM	Flore totale aérobie mésophile
GNB	Gram Negative Bacilli ou Bacilles à Gram negative
HCl	Acide chlorhydrique
Hsp65	Heat shock protein 65
IAS	Infections associées aux soins
LB	<i>Lysogeny Broth</i> ou milieu Luria-Bertani
LDC	Lysine décarboxylase
MALDI TOF	Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation Time-Of-Flight
MALDI-TOF MS	Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation Time-Of-Flight <i>Mass Spectrometry</i>
Microseq	Microbial identification system
O₂	Oxygène

ODC	Ornithine décarboxylase
OMS	Organisation Mondiale de Santé
ONPG	Ortho-nitrophényl- β -galactoside
PCR	Polymerase chain reaction
PDA	Potato Dextrose Agar ou gélose dextrosée à la pomme de terre
pH	Potentiel hydrogène
RAPD	Random amplified polymorphic DNA
RFLP	Restriction fragment length polymorphism
RIDOM	Ribosomal differentiation of medical microorganisms
SARM	Staphylococcus aureus résistant à la m \acute{e} ticilline
SCN	Staphylocoques à coagulase négative
SHA	Solution hydro-alcoolique
TDA	Tryptophane désaminase
TSA	Tryptone Soja Agar ou Gélose tryptone soja
UFC	Unité formant colonie
VP	Voges-Proskauer

INTRODUCTION

Introduction

Introduction

Nous vivons dans un monde où le téléphone mobile n'est plus seulement un moyen pour appeler ou envoyer des messages à autrui, c'est vite devenu un appareil technologique qui offre beaucoup plus de services à travers de multiples applications (accéder à Internet, lire et envoyer des mails, écouter de la musique, regarder des films, jouer, prendre des photos et vidéos...etc.) jusqu'à l'invention du smartphone (1992), le téléphone intelligent qui a révolutionné les moyens de communication.

Selon les statistiques, l'Algérie est en tête des pays africains en matière d'implantation du smartphone avec un taux de pénétration de 119 %. En somme, on estime que le nombre d'utilisateurs des smartphones dépasse celui de la population du pays (Ecomnews med, 2018).

Néanmoins, le progrès rapide des smartphones et leurs avantages offerts nous fait négliger les risques pour la santé qui leur sont associés. Ces appareils électroniques, à cause de leur contact avec des régions contaminées du corps humain : les mains, la bouche, le nez et les oreilles, sont un réservoir de divers microorganismes et peuvent propager des maladies infectieuses entre les individus (Koscova et al., 2018). Il a été rapporté qu'un smartphone héberge plus de microorganismes qu'une cuvette de toilette, une semelle de chaussures et qu'un poignet de porte (Shahabi et al., 2012).

Par ailleurs, en milieu hospitalier, ces outils technologiques sont devenus indispensables. Ils sont utilisés par les patients, les visiteurs et le personnel de la santé. En effet, ils aident à accélérer la circulation de l'information médicale et contribuent à la communication en cas d'urgences à travers des applications spéciales (Ulger et al., 2015).

Ils ont été décrits comme « Technological Petri dishes » car ils sont considérés comme un habitat idéal pour la croissance des microorganismes et un vecteur de transmission des infections nosocomiales (Bhumbla et al., 2016).

Ces dernières constituent un problème important de santé publique par sa fréquence et son retentissement humain et économique (Diakaria, 2002).

De ce fait, l'objectif principal de notre synthèse bibliographique est d'évaluer la contamination microbienne des smartphones et les principaux microorganismes retrouvés sur leurs surfaces afin de mettre en exergue leur rôle dans la propagation des infections aussi bien dans la société que dans les établissements de santé. Et l'objectif secondaire est de tester des

Formatted: Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: Indent: First line: 0 cm

Introduction

techniques courantes de désinfection des smartphones dans le but de prendre les mesures hygiéniques requises et prévenir le risque de transmission des infections.

En effet celle-ci concernera dans un premier temps, d'isoler la flore totale mésophile aérobie (FTAM) des smartphones et de comparer son nombre d'UFC (unité formant colonie) avant et après décontamination en utilisant deux techniques de nettoyage : des lingettes et de l'alcool à 70°. Et dans un deuxième temps, il s'agira d'identifier les isolats bactériens et fongiques afin de déterminer les principaux microorganismes contaminants les smartphones.

Formatted: Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

**PARTIE A : REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

GÉNÉRALITÉS SUR LES SMARTPHONES

1.

Partie A : revue bibliographique

1 Généralités sur les smartphones

1.1 Définition des smartphones

Un smartphone ou « téléphone intelligent » est un téléphone mobile similaire à un ordinateur dans son évolution fonctionnelle. Les smartphones ne permettent pas seulement de téléphoner et d'envoyer des messages mais ils sont munis d'autres fonctions plus avancées telles que : l'accès à internet, la lecture et l'envoi de mails, la prise de photos et de vidéos, et ils offrent également la capacité d'écouter de la musique, de regarder des films et de jouer etc. Les fonctions évoluées des smartphones sont le résultat de l'ajout des applications qui permettent la personnalisation des appareils selon les besoins des utilisateurs (Sarwar, 2013).

1.2 Evolution de l'utilisation des smartphones

Au début, les smartphones ont été fabriqués pour les entreprises seulement en raison de leur coût et leur application. Mais actuellement, les dernières enquêtes révèlent que la popularité des smartphones augmente au sein du grand public à un rythme plus rapide que celui des entreprises (Sarwar, 2013).

Selon Meadow et al., (2014), il y a autant de téléphones portables que d'humains sur la planète. Le tableau ci-dessus (Tableau 1), montre que le nombre de smartphones ne cesse d'augmenter dans le monde au fil des années.

Tableau 1: Répartition de la population en fonction du type de téléphone mobile détenu (www.wikizero.com).

Type	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Smartphone	17%	29%	39%	46%	58%	65%	73%	75%	77%
Mobile	67%	59%	50%	43%	34%	28%	21%	19%	18%
Pas de mobile	15%	12%	11%	8%	8%	6%	6%	6%	5%

Formatted: Font: 12 pt, Bold, Complex Script Font: 12 pt, Bold

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width), Tab stops: 0,75 cm, Centered + Not at 8 cm

Formatted: Complex Script Font: Italic

Formatted: Normal, Tab stops: 7,65 cm, Left

Formatted: Normal

GÉNÉRALITÉS SUR LES SMARTPHONES

1.3 La contamination microbienne des smartphones

Les écrans tactiles tels que ceux des smartphones sont des nids pour les bactéries et pour d'autres microorganismes car ils sont toujours en contact avec les mains et d'autres régions contaminées du corps humain (le nez, la bouche et les oreilles).

La combinaison de l'utilisation répétée avec la chaleur générée par les smartphones crée un terrain de croissance idéal pour de nombreux microorganismes que l'on trouve normalement sur la peau (Ekrakene et Igeleke, 2007). D'autres facteurs comme l'humidité et la température optimale du corps humain aident aussi à la création de ce nid microbien (Tagoa et al., 2011).

Plusieurs études comme celles de Karabay et al. (2007) et Tagoe et al. (2011) ont affirmé que les téléphones portables peuvent être contaminés par des bactéries pathogènes et servent de véhicule pour leur transmission. Les smartphones peuvent donc propager des maladies infectieuses.

1.3.1 La flore cutanée

La peau est l'organe le plus grand du corps humain tant en poids (environ 3,5 kg) qu'en surface (environ 1,80 m² pour un adulte de 75 kg) (Amartin, 2016). Il représente 16% du poids total de l'homme. Du fait que ce tissu est en contact permanent avec l'environnement, il est aisément colonisé par de nombreux microorganismes (Karabay et al., 2007).

La flore cutanée normale de la peau est composée de 10² à 10⁶ par cm². Cette flore peut être divisée en deux types : (Amartin, 2016)

a) La flore résidente

Celle-ci est composée en majorité de bactéries commensales à Gram positif, de type respiratoire aérobies ou aéro-anaérobies facultatives. La flore résidente est permanente et elle est constituée de quatre groupes majoritaires :

- L'embranchement Actinobacteria (52%) : les genres prépondérants sont : *Corynebacterium*, *Propionibacterium* et *Micrococcus*.
- L'embranchement Firmicutes (24%) : représenté par les staphylocoques à coagulase positive : *Staphylococcus aureus*, et les staphylocoques à coagulase négative (SCN) : *Staphylococcus epidermis*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus capitis*, *Staphylococcus saprophyticus*.
- L'embranchement Proteobacteria (16%)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width), Tab stops: 0,75 cm, Centered + Not at 8 cm

Formatted: Font: 12 pt, Bold, Complex Script Font: 12 pt, Bold

GÉNÉRALITÉS SUR LES SMARTPHONES

- L'embranchement Bacteroidetes (5%) : composé de bacilles anaérobies stricts à Gram négatif.

b) La flore transitaire

La flore transitaire est polymorphe, elle a pour origine l'environnement ou d'autres flores commensales de l'organisme, notamment la flore digestive. Il s'agit d'une flore saprophyte qui peut comporter des germes pathogènes.

Cette flore est composée entre autres d'entérobactéries (*Escherichia coli*), de bacilles aéro-anaérobies facultatifs à Gram négatif, de streptocoques du groupe B (Firmicutes), de coques à Gram positif, et de *Pseudomonas aeruginosa* (Proteobacteria), de bacilles aérobies stricts à Gram négatif. On trouve également l'espèce *Staphylococcus aureus* (le plus souvent sensible à la méticilline « SARM »).

Les recherches sur le microbiote cutané sont focalisées sur les bactéries. Néanmoins, notre peau est colonisée par d'autres microorganismes comme les champignons : l'espèce fongique la plus fréquente de la flore cutanée normale est *Malassezia* qui représente plus de 80% des champignons présents sur la peau ; et les virus qui sont les moins étudiés.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width), Tab stops: 0,75 cm, Centered + Not at 8 cm

Formatted: Font: 12 pt, Bold, Complex Script Font: 12 pt, Bold

GÉNÉRALITÉS SUR LES SMARTPHONES

Tableau 2: Flore résidente et transitaire de la peau (Goetz, 2016)

Flore résidente	Germe		
	Bactéries	Cocci Gram positif	Staphylocoques à coagulase négative – <i>S. epidermidis</i> – <i>S. hominis</i> – <i>S. haemolyticus</i>
		Germe corynébactériiformes	– Corynebactéries – <i>Brevibacterium</i> – Propionibactéries – Microcoques
		Bactéries Gram négatif	– <i>Acinetobacter</i>
	Parasites	Acarie	– <i>Demodex</i>
	Levures		– <i>Malassezia</i>
	Virus		– Papillomavirus humains
Flore transitaire	Bactéries		– <i>Staphylococcus aureus</i> – Streptocoques – <i>Bacillus</i> – <i>Neisseria</i>
		Bacilles Gram négatif	– <i>Pseudomonas</i>
	Levures		– <i>Candida albicans</i> – <i>Candida parapsilopsis</i>

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width), Tab stops: 0,75 cm, Centered + Not at 8 cm

Formatted: Font: 12 pt, Bold, Complex Script Font: 12 pt, Bold

1.3.2 Les smartphones dans le milieu hospitalier

L'usage des smartphones dans les hôpitaux et les établissements de santé présente de nombreux avantages : prise de photos, documentation médicale via des documents enregistrés ou téléchargés sur Internet, communications professionnelles etc. Cependant, lors de leurs utilisations, ces appareils électroniques deviennent un habitat parfait pour héberger des microbes et propager les infections nosocomiales. Mugier et al., (2016) rapporte que 5 à 21 % des téléphones mobiles de personnels soignants sont un réservoir de bactéries potentiellement source d'infection nosocomiales.

De plus, les téléphones portables pourraient constituer un risque sanitaire majeur de transmission des bactéries multi-résistantes dans les établissements de soins de santé qui peuvent conduire à des infections graves (Uwingabiye et al., 2015).

Rappelons que les infections nosocomiales constituent un problème important du système de santé mondial par sa fréquence et son retentissement humain et économique. Elles sont définies comme les infections acquises dans un établissement de santé dont les manifestations cliniques apparaissent habituellement après la 48^{ème} heure d'hospitalisation (Diakaria, 2002).

GÉNÉRALITÉS SUR LES SMARTPHONES



Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width), Tab stops: 0,75 cm, Centered + Not at 8 cm

Formatted: Font: 12 pt, Bold, Complex Script Font: 12 pt, Bold

Figure 1: Culture sur gélose au sang des bactéries isolées d'un téléphone portable révélée par la méthode des boîtes contact (Koljalg et al., 2017)

2 Microorganismes communément isolés des smartphones

2.1 Définition de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La flore totale aérobie mésophile constitue l'ensemble des microorganismes aérobies qui forment des colonies dénombrables après leur multiplication dans le laboratoire sous des conditions connues (précises et définies) (Bonnefoy et al., 2002).

Ce sont des microorganismes aérobies qui ont la capacité de proliférer à 30 °C dont les espèces appartiennent à de différentes familles bactériennes regroupant des espèces d'entérobactéries, de *Bacillus*, de staphylocoques, de *Pseudomonas*, de bactéries lactiques ou d'autres microorganismes pathogènes (Ghafir et Daube, 2007).

2.2 Les staphylocoques

2.2.1 Habitat

Ils sont ubiquitaires (vivent dans le sol, air, eau). *Staphylococcus aureus* et *S. epidermidis* en particulier font partie de la flore normale de nombreuses personnes qui sont des porteurs asymptomatiques. L'auto-infection peut être causée par ces souches. On peut trouver les staphylocoques dans les fosses nasales antérieures. La transmission peut être interhumaine directe et indirecte. Directe par le contact, dissémination manuporté, à partir du nez ; indirecte par l'intermédiaire des aliments ou des milieux extérieurs (Moustanfii, 2011).

2.2.2 Pouvoir pathogène

Plusieurs infections à *Staphylococcus aureus* sont très fréquentes : formes cutanées, muqueuses (otites, sinusites ...) et généralisés (septicémie succédant à un foyer initial cutanéomuqueux, formes intestinales, syndrome de choc toxique) (Moustanfii, 2011).

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

2.2.3 Diagnostic bactériologique

Les staphylocoques sont des cocci à Gram positif, de 0,8 à 1 µm de diamètre, disposés en amas, en diplocoques, en courtes chaînettes, voire en grappes typiques. Ils sont immobiles, asporulés, parfois capsulés (Moustanfii, 2011).

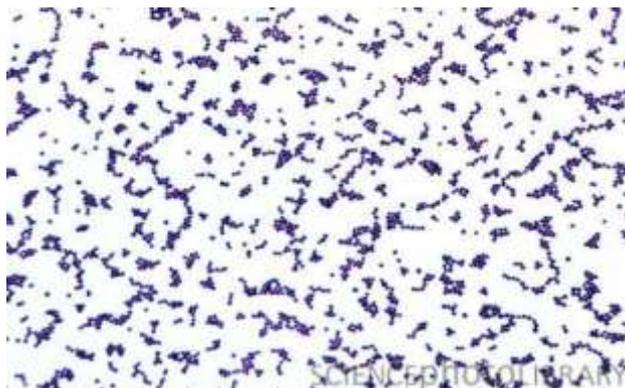


Figure 2: Observation microscopique de *Staphylococcus aureus* après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfi, 2011)

Caractères cultureux

Le métabolisme des staphylocoques peut être aérobie (le type le plus fréquent) ou anaérobie facultatif. La différence entre streptocoques et les staphylocoques est que ces dernières n'ont pas de catalase.

Les staphylocoques sont aussi des fermenteurs de glucose et l'espèce *Staphylococcus aureus* est capable de fermenter le mannitol (Moustanfii, 2011).

2.2.4 Identification

Sur le milieu Chapman les staphylocoques forment des colonies de 1 à 2 mm de diamètre après 48h d'incubation, celles-ci produisent des fois des pigments jaunes.

Une recherche sur les colonies suspectes est abordée afin de trouver :

-La coagulase libre produite par les souches de *S. aureus* et non produite par *S. epidermis* et *S. saprophyticus* qui fait partie des staphylocoques à coagulase négative (SCN).

-La désoxyribonucléase qui traduit la capacité de dégrader l'acide désoxyribonucléique inclus dans le milieu de culture par une enzyme produite par le *S. aureus* (Moustanfii, 2011).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

2.3 Les streptocoques

2.3.1 Habitat

Les streptocoques sont ubiquitaires ou les téguments et les muqueuses de l'homme et des animaux sont considérés comme un habitat commensal de ces bactéries (Moustanfii, 2011).

2.3.2 Pouvoir pathogène

Plusieurs maladies sont provoquées par les groupes de Streptocoques A/C/G (qui sont bêta-hémolytique ou pyogènes d'après la classification de Lancefield qui divise les streptocoques bêta-hémolytiques en types ABC...R d'après l'antigène polysaccharidique C) et les autres streptocoques causent des infections aiguës (génitale, septicémie, méningite, infection à localisations diverse (abcès du cerveau ...)) (Moustanfii, 2011).

2.3.3 Diagnostic bactériologique

Les streptocoques sont des cocci à Gram positif, groupés en chainettes. Ils sont immobiles, acapsulés et asporulés (Moustanfii, 2011).

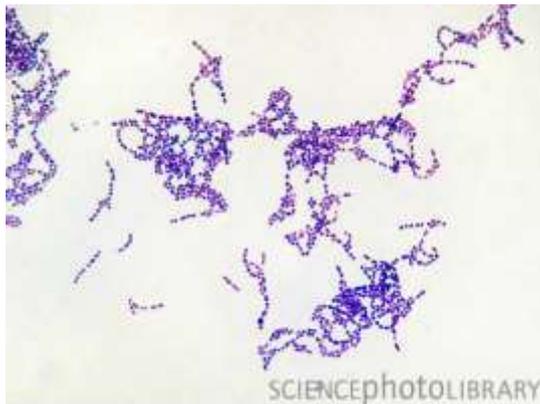


Figure 13: Observation microscopique de *Streptococcus pyogenes* après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfii, 2011)

Caractères cultureux :

Les streptocoques sont dépourvus de catalase et d'oxydase, leur métabolisme est fermentatif Ils sont des anaérobies qui tolèrent l'oxygène (Moustanfii, 2011).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

2.3.4 Identification

Pour distinguer les streptocoques des enterocoques il faut utiliser le milieu gélosé Bile-Esculine-Azide (BEA) (Moustanfii, 2011).

2.4 Les bacilles à Gram positif

2.4.1 Corynebacter

2.4.1.1 Habitat

On trouve ces corynébactéries dans l'eau, le sol, les plantes et ils font partis de la flore normale de l'homme, commensale de rhinopharynx et de la peau de l'homme et/ou les animaux (Moustanfii, 2011).

2.4.1.2 Pouvoir pathogène

Les corynébactéries causent une augmentation d'infections opportunistes chez les patients immunodéprimés et aussi les infections nosocomiales. Ces bactéries sont également responsables de la diphtérie (Moustanfii, 2011).

2.4.1.3 Diagnostic bactériologique

Les corynébactéries sont des bacilles à Gram positif aéro-anaérobie facultative non sporulant, immobiles, non capsulés (Moustanfii, 2011).

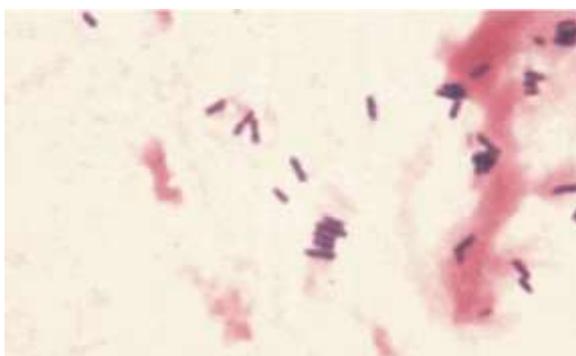


Figure 24: Observation microscopique des Corynébactéries après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfi, 2011)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

2.4.1.4 Identification

L'identification des corynébactéries est basée sur les tests phénotypiques (type respiratoire et pouvoir fermentatif), ou par des activités enzymatiques (Moustanfii, 2011).

2.4.2 Bacillus

2.4.2.1 Habitat

Les bactéries du genre *Bacillus* vivent principalement dans le sol mais on peut les trouver également dans les eaux douces, les plantes et les produits d'origine animale (Moustanfii, 2011).

2.4.2.2 Pouvoir pathogène

La maladie du charbon est causée par l'espèce *Bacillus anthracis*. Les autres espèces sont responsables de toxi-infections alimentaires (Moustanfii, 2011).

2.4.2.3 Diagnostic bactériologique

Le Gram des *Bacillus* est positif et ils sont sporulés, aéro-anaérobies facultatifs et mobiles par une ciliature péritriche.



Figure 35: Observation microscopique de *Bacillus*, grossissement 100 (Moustanfii, 2011)

➤ Caractères cultureux et métaboliques

Les bacillus sont facile à cultiver et comme la plupart des bacilles ils se développent à une température de 30 à 37°C. ils sont pourvus d'une catalase.

Les conditions de formation des spores sont :

La température (entre 18 et 42°C).

L'humidité (élevée environ 60-90%).

La présence d'oxygène (O₂).

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

2.4.2.4 Identification

L'identification repose sur des tests enzymatiques :

- Recherche de l'amylase (hydrolyse de l'amidon).
- Recherche de lécithinase (hydrolyse des lécithines).
- Recherche de protéase (l'hydrolyse de la caséine).

2.5 Les entérobactéries (*Escherichia coli*)

2.5.1 Habitat

Escherichia coli est une bactérie commensale qui vit dans le tube digestif de l'homme et quelques animaux, elle domine la partie de la flore bactérienne aérobie de l'intestin (Moustanfii, 2011).

2.5.2 Pouvoir pathogène

Il existe deux genres d'infections liées à *E.coli* : des infections intestinales et des infections extra intestinales.

Les infections intestinales causent majoritairement des diarrhées, dont les souches incriminées sont : les souches entéro-pathogènes, « *Entero-Pathogenic E. coli* » (*EPEC*), Les souches entérotoxigènes « *Entero-Toxigenic E. coli* » (*ETEC*), les souches entéroinvasives « *Entero Invasive E.coli* » (*EIEC*), les souches hémorragiques « *Entero Hemorrhagic Colitis E.coli* » (*EHEC*).

Les infections extra intestinales (en dehors de l'intestin) sont: les infections urinaires (classiquement colibacillose), les méningites néonatales, et de divers suppurations (surtout les suppurations postopératoires).

Une septicémie peut arriver si ces infections ne sont pas traitées suffisamment (Moustanfii, 2011).

2.5.3 Diagnostic bactériologique

Escherichia coli fait partie des bacilles à Gram négatif, la longueur de ces bacilles est de 2 à 3 µm et la largeur est de 0,6 µm (Moustanfii, 2011).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES



Figure 46: Observation microscopique d'*Escherichia coli* après coloration de Gram, Grossissement 100 (Moustanfi, 2011)

2.5.4 Caractères cultureux et métaboliques

E. coli se développe à une température de 37 °C pendant 24 heures. A la surface des milieux de culture on peut observer des colonies rondes, lisses, à bords réguliers et non pigmentées.

Ces des propriétés distinctives qui sont comme suit :

➤ Positifs :

- Indole (+).
- ONPG (+). «Ortho-nitrophényl-β-galactoside».
- Mannitol (+).

➤ Positifs d'une façon moins constante :

- Mobilité.
- LDC. «Lysine décarboxylase ».
- ODC. « Ornithine décarboxylase ».
- Sorbitol.
- Production de gaz lors de l'attaque du glucose.

➤ Négatifs :

- Inositol (-).
- Urée (-).
- TDA (-). « Tryptophane désaminase ».
- VP (-). « Voges-Proskauer ».
- Gélatinase (-).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

- Citrate de Simmons (-) (Moustanfii, 2011).

2.5.5 Identification

Pour identifier *E. coli*, il faut étudier ses caractères biochimiques en utilisant la galerie API20E qui comporte les tests suivants :

- Etude du métabolisme protéique :
 - Présence d'uréase.
 - Production d'indole.
 - Dégradation du tryptophane.
- Etude de la fermentation des sucres :
 - Glucose.
 - Lactose.
 - Saccharose...etc.
- Etude de la capacité d'utiliser le citrate.
- Etude de la présence d'enzymes :
 - Décarboxylases.
 - Désaminases.
- Etude de la formation de gaz sous forme d'hydrogène sulfuré (Moustanfii, 2011).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

MICROORGANISMES COMMUNÉMENT ISOLÉS DES SMARTPHONES

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

3 La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

3.1 Choix de la technique de prélèvement

Le prélèvement est un acte essentiel qui conditionne la validité et la représentativité de toutes les analyses qui seront effectuées sur l'échantillon. Une erreur de manipulation peut influencer les résultats des analyses.

Pour détecter des bactéries dans un liquide, il faut prélever simplement une fraction du produit à analyser et l'étaler sur une boîte de pétri gélosée. Pour les surfaces, il faut une étape supplémentaire pour décrocher d'abord les bactéries de leur substrat d'origine. Les deux techniques les plus courantes sont l'écouvillonnage et le prélèvement par boîtes contact (ou géloses de contact).

a) Technique de prélèvement par écouvillonnage

L'écouvillonnage consiste à utiliser un « coton-tige » (appelé écouvillon) pour gratter une zone de la surface à analyser. Les bactéries vont se détacher de leur support pour être capturées par l'écouvillon. Celui-ci est plongé dans un liquide : eau distillée stérile ou eau physiologiques stérile, et agité pour que les microorganismes migrent dans le liquide. Le liquide est étalé sur la gélose nutritive pour être ensuite incubé et analysé.

La technique d'écouvillonnage permet des prélèvements dans des endroits peu accessibles, sur des surfaces planes ou bombées. Elle permet la recherche de « nids microbiens ». Elle est conseillée dans le cas d'une recherche qualitative d'espèces contaminantes. Elle permet aussi une étude quantitative grossière.



La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Figure 57: Technique de prélèvement par écouvillonnage (Moustanfii, 2011)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

b) Technique de prélèvement par boîte contact

Le prélèvement par boîte contact est très simple et fonctionne parfaitement pour des surfaces planes. On applique sur le support à analyser une gélose nutritive légèrement bombée, qui dépasse de sa boîte de Pétri. En appuyant toujours la même force et le même temps d'application sur les surfaces à analyser, on peut obtenir des résultats reproductibles. Les boîtes contact sont ensuite placées en incubation pour un comptage direct à la fin de la culture. Cette méthode rapide est cependant inutilisable sur des surfaces non planes.

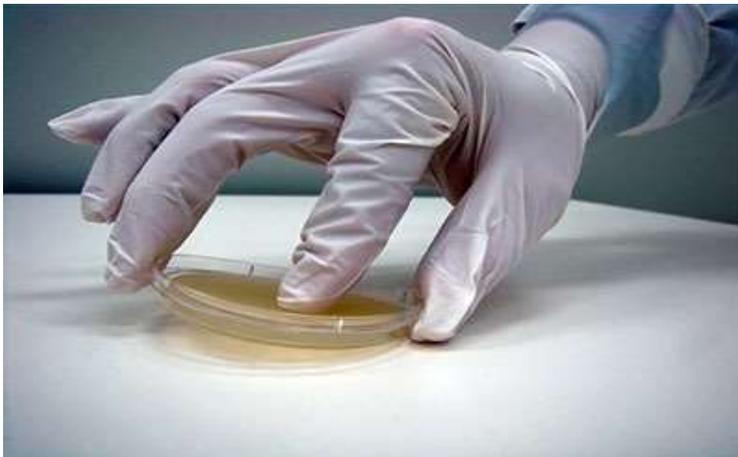


Figure 68: Prélèvement d'une surface par une gélose de contact (www.steris-ast.com)

3.2 Choix du milieu de culture

Le milieu LB est à l'origine un bouillon dans lequel on peut rajouter de l'agar-agar pour obtenir une gélose coulée dans des boîtes de Pétri. Les propriétés plates et solides du milieu gélifié permettent l'ensemencement des cultures bactériennes et l'obtention des colonies.

Le LB est largement utilisé dans le clonage moléculaire qui repose sur l'addition des antibiotiques pour sélectionner les clones recombinants selon les marqueurs de sélection acquis. En absence d'antibiotiques, ce milieu riche contenant les peptones, l'extrait de levure, le NaCl et l'agar, permet la croissance de la plupart des microorganismes.

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Il peut être classé selon la concentration en NaCl comme suit :

LB-Miller : contient 10 g/L de NaCl.

LB-Lennox : contient 5 g/L de NaCl.

LB-Luria (ou LB à faible concentration du sel) : contient 0.5 g/L de NaCl.

Pour la préparation du LB solide, de l'agar-agar est ajouté au milieu liquide (bouillon), puis autoclavé pour obtenir une solution liquide et chaude. Le milieu commence à se solidifier autour de 50°C.

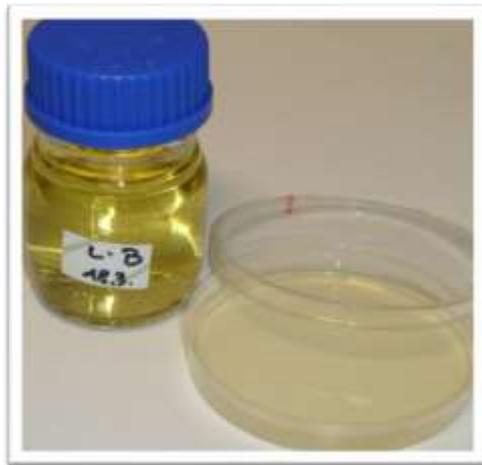


Figure 79: Aspect du milieu LB (fr.wikipedia.org)

3.3 Méthodes d'identification

3.3.1 Identification des bactéries

a) L'observation macroscopique

Elle consiste à décrire l'aspect des colonies bactériennes isolées sur le milieu de culture car c'est le caractère primaire utilisé pour orienter l'identification.

Les principaux caractères coloniaux à étudier sont :

- La forme : ronde, irrégulière, en étoile, envahissante, ...etc.
- Le relief : bombée, plate, en vague concentrique, ...etc.
- Le contour (ou bord) : régulier, irrégulier, ...etc.

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

- La taille : mesurée en mm :
 - Colonies ponctiformes : colonies à peine visibles, dont la taille est inférieure au millimètre.
 - Petites colonies : colonies dont le diamètre est compris entre 1 et 2 mm.
 - Colonies moyennes : colonies dont le diamètre est compris entre 3 et 5 mm.
 - Grosses colonies : colonies dont le diamètre est supérieur à 5 mm.
- La surface : lisses, rugueuses.
- La couleur : celle-ci peut être naturelle (pigments) ou due à un colorant ou un indicateur de pH présent dans le milieu.

La pigmentation d'une colonie est due à la production d'un ou plusieurs pigments par la bactérie. On peut différencier les pigments non diffusibles (seule la colonie est colorée) et des pigments diffusibles qui colorent également le milieu de culture.

De nombreux autres caractères pourraient être décrits comme : l'opacité, la consistance et l'odeur.

b) L'observation microscopique

Observation à l'état frais

Une préparation à l'état frais permet d'examiner la mobilité des bactéries et d'en déceler la forme bien que ce renseignement soit plus accessible sur des frottis colorés. Si la bactérie est sporulée, l'état frais permet également de mettre ce phénomène en évidence.

Observation d'un frottis coloré : coloration de Gram

La coloration de Gram doit son nom au bactériologiste danois Hans Christian Gram qui mit au point le protocole en 1884. C'est une coloration qui permet de distinguer deux types de bactéries selon les propriétés de la paroi bactérienne :

- ✚ Les bactéries à Gram positif dotées d'une simple paroi avec une grande quantité de peptidoglycanes, celles-ci apparaîtront violettes sous microscope optique.
- ✚ Et les bactéries à Gram négatif composées de moins de peptidoglycanes mais pourvues d'une membrane externe supplémentaire, colorées en rose sous microscope optique.

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

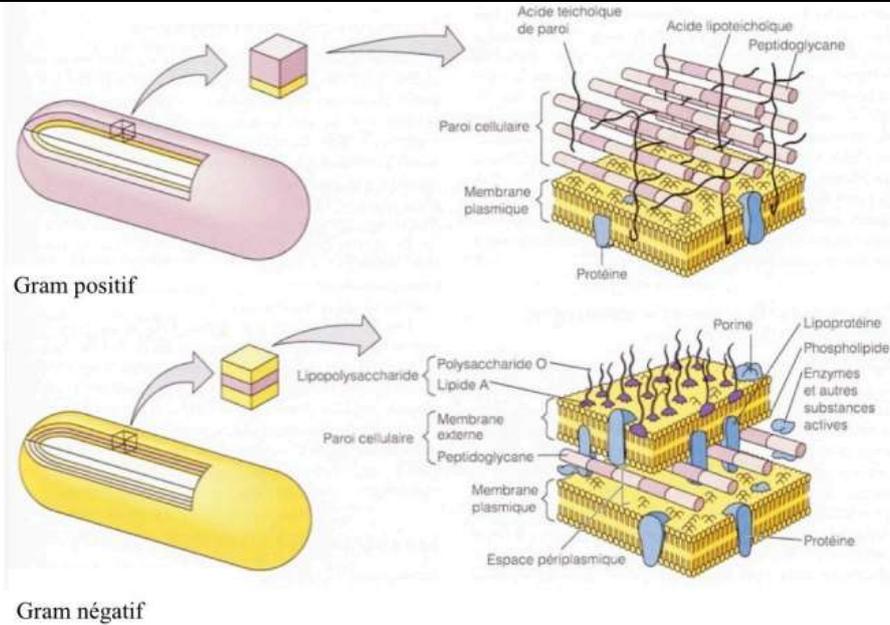


Figure 810: Structure de l'enveloppe des bactéries à Gram positif et des bactéries à Gram négatif (Comes Florens, 2011)

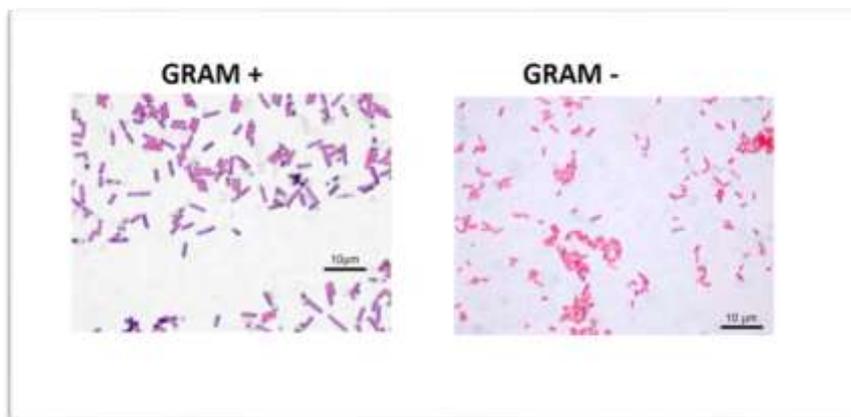


Figure 911: Couleur des bactéries à Gram positif et à Gram négatif sous microscope optique après coloration de Gram (resistancebacteriesantibiotiques.wordpress.com)

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

c) Les tests biochimiques

L'identification du genre et de l'espèce d'une souche bactérienne doit se poursuivre par la recherche de caractères biochimiques du métabolisme glucidique et protéique en ensemençant une galerie d'identification.

Une galerie biochimique est un ensemble de milieux de culture pouvant se présenter :

- Soit en tubes : **macro-galerie**.
- Soit en système miniaturisé : **micro-galerie**.

Parmi les caractères étudiés : les voies d'utilisation du glucose (fermentative ou oxydative), le type respiratoire (aérobie stricte, anaérobie facultative...), les sources carbonées et azotées utilisées et les systèmes enzymatiques caractéristiques (oxydase, catalase, nitrate réductase etc.).



Figure 1012: Galerie biochimique classique (macro-galerie) composée de 11 tests biochimiques destinés à l'identification des Enterobacteriaceae (Laadra et Kaabouche, 2016)

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)



Figure 1143 : Galerie miniaturisée API 10S composée de 10 microtubes prêts à l'emploi contenant un substrat déshydraté, permettant de réaliser 10 tests biochimiques afin d'identifier des bacilles à Gram (-) appartenant à la famille des Enterobacteriaceae (droguet-sebastien.e-monsite.com)

3.3.2 Identification des champignons

Les champignons microscopiques ou autrement dit moisissures sont des microorganismes eucaryotes regroupent les champignons filamenteux et les levures (Carlotti, 2014).

a) Identification des champignons filamenteux

L'identification de ces champignons repose sur deux analyses

Analyse macroscopique

Après la culture des champignons, la description des colonies fongiques inclue les paramètres suivants :

- L'aspect : duveteux, laineux, cotonneux, velouté, poudreux, granuleux ou glabre.
- Le relief : plat, plissé ou cérébriforme.
- La taille : petite, étendue ou envahissante.
- La couleur : blanche, crème ou colorée (verte, brune, orangée, violette, grises...etc.).

Il y a d'autres paramètres utilisés pour l'identification des champignons filamenteux tels que l'observation d'un pigment diffusant dans la gélose, la température de développement et la vitesse de croissance des colonies (Lecellier, 2013).

Analyse microscopique

Elle consiste à décrire les organes de fructification, les spores et l'appareil végétatif.

- Le thalle végétatif : peut être
 - a) Septé (diamètre étroit et régulier de 2 à 5 μm).
 - b) Siphonné (diamètre large et irrégulier de 5 à 15 μm), paroi pigmentée.
- Les organes de fructification

Présence ou non d'organes protecteurs des conidies, modes de formation des conidies (issues directement du thalle, solitaires ou en chaînes, ou produites par bourgeonnement et regroupées soit

b) Identification des levures

1. Analyse macroscopique

Les levures se manifestent par des colonies de 2 mm de diamètre souvent blanches, crémeuses, lisses, brillantes et parfois d'aspect filamenteux (Demay, 2012).

2. Analyse microscopique

L'observation microscopique des levures après coloration au bleu de méthylène et à l'encre de Chine donne des cellules ovoïdes de 10-12µm de long; formes filamenteuses ou non, avec présence ou non d'une capsule.

A. Recherche des blastospores et des chlamydo-spores, caractéristiques de *Candida* et de *Candida albicans* (Demay, 2012).

3. Test de blastèse (ou test de germination)

Mise en évidence des tubes germinatifs caractéristiques de *Candida albicans*.

- Si ces premières observations conduisent à une autre orientation que *Candida albicans*, il faut poursuivre l'identification en réalisant les tests suivants :

4. Auxanogramme du carbone

C'est la recherche de l'utilisation d'un glucide, en aérobiose, comme seule source de carbone (Demay, 2012).

5. Zymogramme du carbone

La recherche de la fermentation d'un glucide, en anaérobiose (Demay, 2012).

6. Réduction du tétrazolium

Test supplémentaire pour confirmer l'identification de certaines espèces de levures, il permet de séparer les espèces *Candida lusitanae* si la réaction est négative et *Candida lusitanae* si la réaction est positive.

7. Résistance à l'actidione

Pour caractériser certaines espèces de *Candida* on utilise le milieu Sabouraud additionné de l'actidione à 0,5g%, par exemple *Candida tropicalis* ne croit pas dans ce milieu (Benmezdad, 2016). (Demay, 2012).

3.3.3 Identification moléculaire des bactéries et champignons

Les dernières années les méthodes moléculaires ont pris une place prépondérante dans la taxonomie des espèces fongiques en général et les champignons en particulier (Carlotti, 2014).

La recherche de la flore totale aérobique mésophile (FTAM) des smartphones

L'apparition de ces méthodes a permis le progrès de plusieurs techniques visées aux bactéries aussi (Rodriguez-Nava et al., 2007).

Cette méthode d'identification repose sur l'analyse des sémantides qui portent l'information génétique (Verscheure et al., 2002).

La PCR (Polymérase Chain Reaction) est la base de l'analyse moléculaire et pour étudier le polymorphisme génétique des différents microorganismes (champignons filamenteux, bactéries...) et les discriminer à différents niveaux taxonomiques il faut étudier l'ensemble de génome, un gène ou fragment d'un gène à partir des techniques suivantes :

- La Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLPs).
- La Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD).
- L' Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) (Lecellier, 2013).

Autres techniques :

- Hybridation moléculaire, l'association spécifique entre deux monobrans d'ADN selon la complémentarité des bases, la détection de la séquence cible est effectué par la sonde la séquence complémentaire (Rodriguez-Nava et al., 2007).
- Ribotypage (analyse du polymorphisme de l'ADN) (Rodriguez-Nava et al., 2007).
- Séquençage (utilisation de fragments d'ADN comme signatures taxonomiques pour différencier entre les espèces des microorganismes chez les eucaryotes et procaryotes). Il y a plusieurs méthodes de séquençage :
 - ✓ Séquençage de l'ARNr16s.
 - ✓ Séquençage de l'ARNr23s.
 - ✓ Séquençage de gène hsp65.

(Rodriguez-Nava et al., 2007).

Une nouvelle technique d'analyse phénotypique spectrométrie de masse (MALDI-TOF MS) (Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation/Time Of Flight), permet d'obtenir sous forme de spectre le profil protéique des champignons filamenteux (Lecellier, 2013). C'est une technique physique pour des molécules préalablement purifiées ; elle est basée sur le principe suivant : un échantillon et une matrice sont déposés sur une cible, des tirs laser pulsés viennent désorber la matrice qui ionise l'échantillon par transfert de charge (www.versailles-grignon.inrae.fr).

- En dernier lieu on mentionne les outils bioinformatiques : (Rodriguez-Nava et al., 2007)
 - ✓ MicroSeq (Microbial identification system) : est une base de données génomique, le but de cette technique est l'identification des champignons, des

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

levures et des bactéries, des kits commercialisés qui contiennent des protocoles et des réactifs pour le séquençage sont utilisés.

- ✓ RIDOM (Ribosomal Differentiation Of Medical Microorganisms): le principe de RIDOM repose sur la comparaison des séquences volumineuses.
- ✓ BIBI (Bioinformatic Bacterial Identification): c'est une banque génomique pour automatiser l'analyse des séquences d'ADN. Les banques généralistes et spécialisées sont deux types de banques dérivés de BIBI.

Dans le tableau qui suit (**Tableau 3**), un ensemble d'études de la flore des smartphones réalisées dans plusieurs pays, en citant les techniques de prélèvement, les méthodes d'identification ainsi que les conditions et les milieux de culture utilisés.

Tableau 3: Différentes études sur la flore des smartphones à travers le monde

Lieu d'étude	Type de microorganismes étudiés	Techniques de prélèvement	Milieux de culture	Conditions de culture	Méthodes d'identification
Milieux non-hospitaliers					
Inde (Dave et Shende, 2015)	Bactéries champignons	Ecouvillonnage	-Gélose nutritive -PDA -Gélose glucosée à l'extrait de levure	35°C, 48h Dans des conditions aérobies	Identification des bactéries : Description morphologique des colonies, coloration Coloration de Gram, test de la mobilité et les tests biochimiques. Identification des champignons : Caractères microscopiques et macroscopiques du mycélium.
Italie (Di Lodovico et al., 2017)	Bactéries Levures	Ecouvillonnage	-TSA -Chapman -Mac Conkey - Sabouraud -Gélose au cétrimide	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Galerie API STAPH-IDENT pour l'identification des staphylocoques. Galerie API-Coryne et VITEK® 2 Compact System pour l'identification des bactéries corynéformes. L'identification des levures : Les caractères macroscopiques et microscopiques des cultures sur milieu Sabouraud.
Nigeria (Ekrakene et Igeleke,	Bactéries champignons	Ecouvillonnage	-Gélose nutritive -Chapman -Mac	Isolement primaire : 37°C, 24-48h Purification :	Les caractères culturaux et coloniaux des bactéries, coloration de Gram, milieux sélectifs et différentiels et les tests

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted Table

Formatted Table

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

2007)			Conkey -Sabouraud	34°C, 24 à 48h	biochimiques. Pour les champignons : Les caractères macroscopiques et microscopiques du mycélium.
-------	--	--	----------------------	----------------	--

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Tableau 3: Différentes études sur la flore des smartphones à travers le monde.

Formatted: Caption, Keep with next

Formatted: Font: Not Bold, Font color: Auto, Complex Script
Font: Not Bold, Do not check spelling or grammar

Ethiopie (Verma et al., 2015)	Bactéries	Ecouvillonnage	Gélose nutritive.	37°C, 48h	Coloration de Gram, tests biochimiques, et les milieux sélectifs.
Arabie saoudite (Zaman et Helmi, 2017)	Bactéries	Ecouvillonnage	-BCC -Mac Conkey -Gélose au sang de mouton (5%)	37°C, 24-48h Dans des conditions aérobies	Coloration de Gram, caractères coloniaux, tests enzymatiques (catalase, oxydase et coagulase).
Slovaquie (Koscova et al., 2018)	Bactéries champignons	Ecouvillonnage	-Gélose au sang -Mac Conkey -Sabouraud	Incubations des bactéries : 37°C, 24h Les champignons 25°C, 48-72h Dans des conditions aérobies	Tests biochimiques, STAPHY test
Iraq (Allaf, 2020)	Bactéries champignons	Ecouvillonnage	-Gélose au sang -Mac Conkey -Chapman -PDA		Les caractères coloniaux, coloration de Gram et les tests biochimiques pour l'identification des bactéries. Et la méthode de l'éthanol à 95% plus l'observation microscopique pour les champignons.
Allemagne (Egert et al., 2014)	Bactéries	Géloses contact (ou boîtes contact)	TSA	37°C, 72h Dans des conditions aérobies	MALDI TOF (MALDI Biotyper system)
Estonie (Koljalg et al., 2017)		Géloses contact + écouvillonnage	Gélose au sang	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Spectrométrie de masse MALDI TOF. PCR quantitative
Royaume-Uni (Verran, 2012)	Bactéries	Méthode d'impression sur une boîte de Pétri de (140mm)	Gélose nutritive	25°C, 48h Dans des conditions aérobies	Coloration de Gram et les caractères cultureux et morphologiques.

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Tableau 3: Différentes études sur la flore des smartphones à travers le monde

Milieux hospitaliers					
Iran (Mohammadi-Sichani et Karbasizadeh, 2011)	Bactéries	Ecouvillonnage	-BCC -Gélose au sang -Gélose EMB	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Les caractères coloniaux et culturaux, la coloration de Gram, les tests biochimiques et enzymatiques, l'antibiogramme.
Taiwan (Chang et al., 2017)	Bactéries	Ecouvillonnage	-Gélose au sang -Gélose EMB -Gélose CNA -Bouillon Thioglycollate	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Coloration de Gram, Caractères coloniaux, Test de la catalase Test de la mobilité, Staphaurex plus, API system, MALDI TOF MS, PFGE.
Turquie (Ulger et al., 2009)	Bactéries	Ecouvillonnage	-Gélose au sang -Gélose EMB	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Coloration de Gram, caractères coloniaux, test de la catalase, de l'oxydase et de la coagulase, l'antibiogramme. VITEK2 Compact System : système automatisé d'identification.
Maroc (Uwingabiyie et al., 2015)	Bactéries	Ecouvillonnage	-Milieu bromocrésol pourpre -Chapman	37°C, 48h Dans des conditions aérobies	Caractères culturaux, morphologiques et biochimiques (galerie API)
France (Murgier et al., 2016)	Bactéries	Géloses de contact	/	/	/

Formatted Table

La recherche de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) des smartphones

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

**PARTIE B : MATERIEL
ET METHODES**

Matériels et méthode,

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

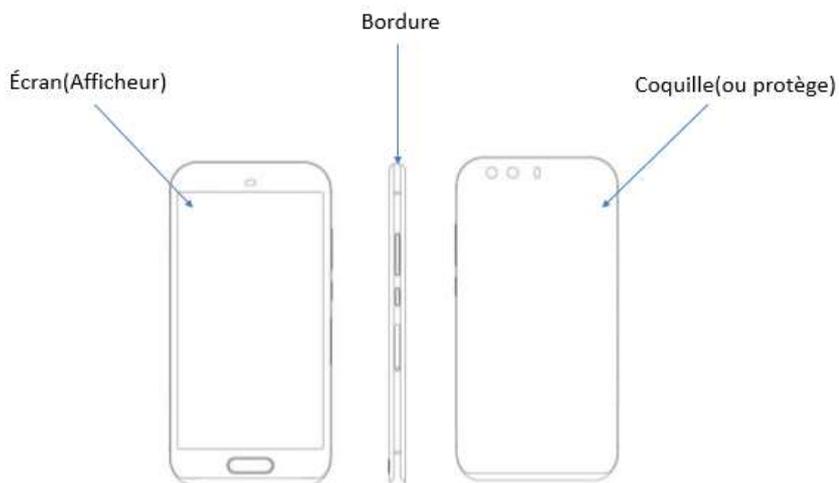
Partie B : Matériel et méthodes

4 Matériel et méthodes

Afin de réaliser la thématique abordée, nous avons prévu de collecter quinze smartphones appartenant à des étudiants de l'Université des frères Mentouri Constantine (UFMC) pour effectuer les prélèvements microbiologiques selon les techniques rapportées par : Verma et al., 2015 ; Dave et Shende, 2015 ; Ekrakene et Igeleke, 2007 ; Helmi et Zaman, 2017.

4.1 Prélèvements microbiologiques et ensemencement des milieux de culture

Afin d'identifier la partie la plus contaminée, les prélèvements dans notre étude devaient être effectués à partir des trois parties du smartphone (**Figure 20**).



Matériels et méthode

Figure 1315: Zones de prélèvement

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

4.1.1 Prélèvement par écouvillonnage

Un écouvillon stérile doit être humidifié en plongeant son extrémité dans un tube contenant un diluant (eau distillée stérile). L'excès de diluant sera éliminé en le pressant contre la paroi interne du tube.

À l'aide de l'extrémité de l'écouvillon, nous allons tracer des stries sur une surface estimée de deux cm² du smartphone. La surface sera délimitée par du papier collant. L'ensemencement sera ensuite effectué sur le milieu LB pour l'isolement des bactéries, et le milieu Sabouraud pour l'isolement des champignons (Figure 16).

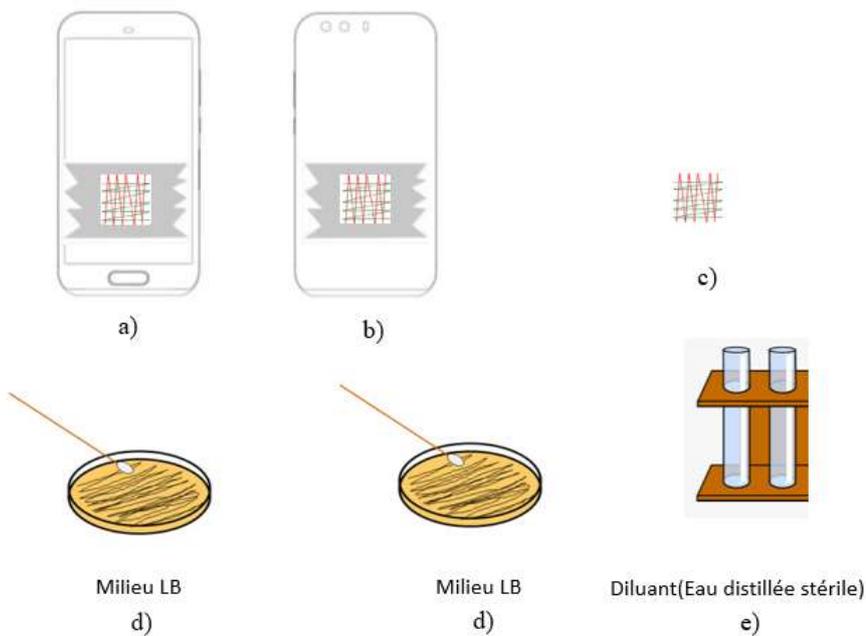


Figure 1416: Technique de prélèvement par écouvillonnage

- a) Ecouvillonnage de l'écran ; b) Ecouvillonnage de la coquille ; c) surface à gratter par l'écouvillon, délimitée par du papier collant ; d) Ensemencement du milieu LB ;

Matériels et méthode

e) Tubes d'eau distillée stérile.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

4.1.2 Prélèvement par le papier collant

Par absence du matériel nécessaire au bon déroulement de la technique des boites contact rapportée par : Murgier et al., (2016) et Egert et al., (2014), nous prévoyons d'avoir recours à l'utilisation d'une technique différente ayant le même principe dont le matériel utilisé est le papier collant. Cette technique consiste à appliquer un morceau de deux cm² du papier collant sur la surface à prélever du smartphone en exerçant une légère pression, puis, l'appliquer directement sur le milieu gélosé LB et de la même manière en utilisant un autre morceau du papier collant sur le milieu Sabouraud (**Figure 17**).

Matériels et méthode

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

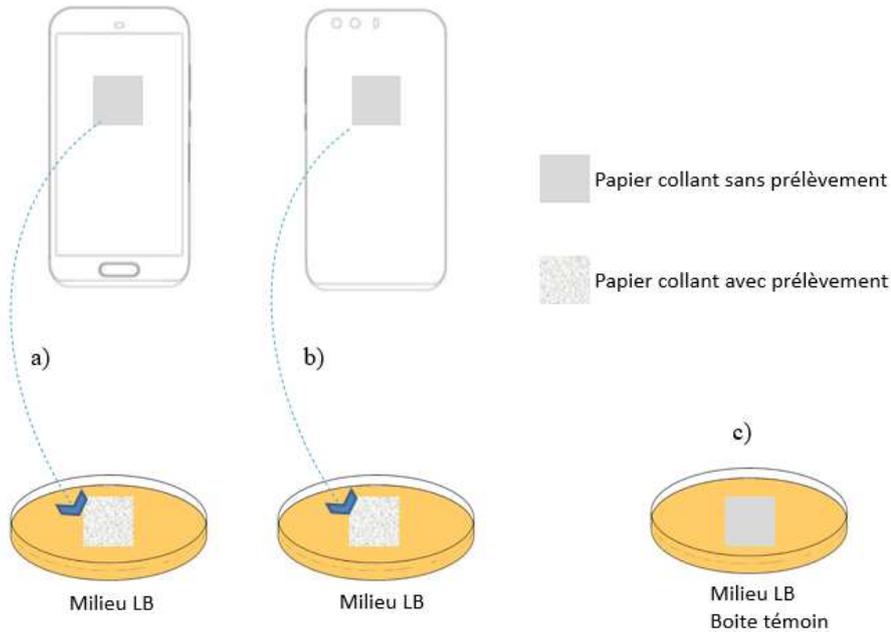


Figure 1517: Technique de prélèvement par le papier collant

- Transfert du papier collant contenant le prélèvement vers le milieu de culture.
- Boîte témoin contenant du papier collant sans prélèvement.

Pour chaque partie (zone) du smartphone, les deux techniques de prélèvement (l'écouvillonnage et la technique du papier collant) allaient être réalisées (Figure 18).

Afin de tester des méthodes courantes de désinfection des smartphones, des prélèvements secondaires allaient être effectués après le nettoyage des smartphones par : 1- Des lingettes (dont le principe actif sera noté), 2- L'alcool 70°.

Matériels et méthode

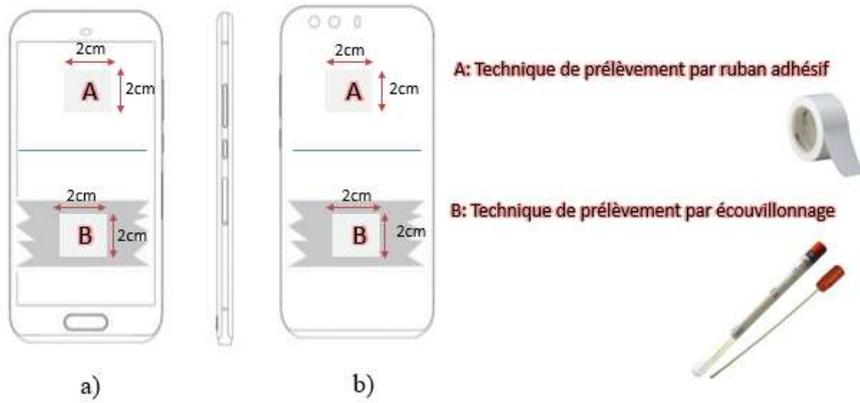


Figure 1618: Techniques de prélèvement pour chaque smartphone

a) Ecran ; b) Coquille

4.2 Incubation des cultures bactériennes et fongiques

Les milieux LB et Sabouraud seront incubés pendant 48 heures à 37°C et 25°C respectivement, dans des conditions aérobies.

4.3 Dénombrement des colonies

À l'aide d'un compteur colonie, un dénombrement des colonies sur les deux milieux avant et après nettoyage allait être effectué.

Tableau 4: Comptage des colonies microbiennes avant et après nettoyage des smartphones

Code du smartphone	Zone de prélèvement	Nombre d'UFC Avant nettoyage	Nombre d'UFC Après nettoyage
Sm1	Ecran		
	Coquille		
	Bordure		

UFC : Unité Formant Colonie.

4.4 Purification des cultures

Une fois l'incubation termine, toutes les colonies de types différents allaient être repiquées sur milieu LB et Sabouraud afin d'obtenir des cultures pures.

Matériels et méthode,

Le repiquage sur un milieu sélectif allait être aussi préconisé, on allait opter pour le Mac Conkey pour l'isolement des entérobactéries.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

4.5 Identification des isolats bactériens et fongiques

4.5.1 Identification des bactéries

Les étapes de l'identification des bactéries isolées allaient être les suivantes :

a) Observation macroscopique

À l'œil nu, on allait décrire les colonies bactériennes qui apparaissent sur le milieu LB (**Tableau 5**).

Tableau 5: Caractères coloniaux des isolats bactériens.

Isolats bactériens	Forme	Relief	Contour	Taille	Surface	Couleur
A						
B						
C						

b) Observation microscopique

Etat frais

Il se fait par le dépôt d'une goutte d'une suspension bactérienne préparée au préalable entre lame et lamelle et l'observer sous microscope optique (X400).

Coloration de Gram

Elle consiste à appliquer un ensemble de colorants sur un frottis bactérien fixé (à la chaleur) pour déterminer le type de la paroi bactérienne (le Gram). L'observation se fait au grossissement (X1000) avec l'huile d'immersion (**Figure 19**).

Matériels et méthode

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

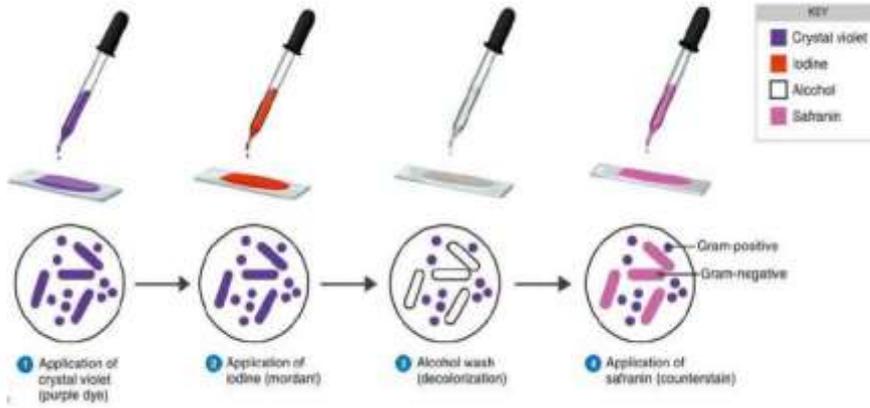


Figure 1749: Schéma du protocole de la coloration de Gram (Amartin, 2016)

Tableau 6: Forme et mode de regroupement des isolats bactériens.

Isolats bactériens	A	B	C
Coloration de Gram			
Mode de regroupement			

c) Les tests biochimiques

C'est un ensemble de réactions biochimiques qui permet de mettre en évidence :

La voie d'attaque du glucose de la bactérie.

L'utilisation d'autres sources carbonées par la bactérie.

La présence d'enzymes caractéristiques.

Matériels et méthode

Tableau 7: Tests biochimiques.

Isolats bactériens	A	B	C
Glucose			
Lactose			
Maltose			
Sucrose			
Mobilité			
Citrate			
Indole			
VP			
RM			
Catalase			
Oxydase			
Coagulase			
Bactérie suspecte			

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

4.5.2 Identification des champignons

a) Observation macroscopique

À l'œil nu nous pouvons apprécier la couleur des spores, l'aspect et le relief des colonies sur le milieu Sabouraud.

b) Observation microscopique

Il s'agit d'observer sous microscope optique le mycélium à différents grossissements en mettant entre lame et lamelle un fragment prélevé du champignon avec une goutte de lactophénol. Les caractères déduits sont : la septation, le type de spores et les organes de fructifications.

Matériels et méthode,

Le lactophénoï est le colorant le plus utilisé en mycologie générale car il est spécifique de la callose, un des principaux constituants de la paroi des hyphes de champignons, il teinte la paroi de la plupart des hyphes (Baar et Lecomte, 2020).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Tableau 8: Critères d'identification des isolats fongiques

Isolats fongiques	Aspect	Relief	Taille	Couleur	Type de l'hyphes	Type Des spores	Organe de fructification
A							
B							
C							

**RESULTATS ET
DISCUSSION**

RESULTAT ET DISCUSSION

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

5 Résultats et discussion

Dans le tableau ci-dessus, les résultats de 14 articles scientifiques portant sur l'isolement de microorganismes croissant sur les téléphones portables dans des milieux non-hospitaliers et des milieux hospitaliers avec les pourcentages de chaque microorganisme par rapport à l'ensemble.

Tableau 9: Les résultats de l'isolement des microorganismes retrouvés à la surface des téléphones mobiles dans plusieurs pays.

Isolats bactériens	Pourcentage (%)	Isolats fongiques	Pourcentage (%)	Référence
Milieux non hospitaliers				
<i>Staphylococcus aureus</i>	52.7	<i>Aspergillus niger</i>	32	Inde (Dave & Shende, 2015)
<i>Staphylococcus epidermis</i>	17.06	<i>Alternaria spp.</i>	28	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12.2	<i>Cladosporium spp.</i>	18.7	
<i>Micrococcus luteus</i>	9.1	<i>Penicillium spp.</i>	14.7	
<i>Bacillus subtilis</i>	7.07	<i>Aspergillus flavus</i>	5.34	
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1.8	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1.34	
Staphylocoques	75.3	Levures	16.5	Italie (Di Lodovico et al., 2018)
<i>Corynebacterium spp.</i>	6.2			
Bactéries à Gram négatif	2			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3			Iraq (Al-Harmoosh et al., 2017)
<i>Escherichia coli</i>	9			
<i>Enterococcus faecalis</i>	9			
<i>Staphylococcus aureus</i>	20			
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	40			
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	12			
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5			

RESULTAT ET DISCUSSION

<i>Bacillus cereus</i>	40			
<i>Salmonella spp.</i>	2			
<i>Shigella spp.</i>	2			
<i>Staphylococcus aureus</i>	35.30			(Verma et al., 2015)
<i>Escherichia coli</i>	23.53			Ethiopie
<i>Enterobacter aerogenes</i>	23.53			
<i>Streptococcus spp.</i>	17.65			
Staphylocoque à coagulase négative (SCN)	32.3			
<i>Staphylococcus aureus</i>	18.1			Arabie saoudite
<i>Streptococcus viridans</i>	15.7			
<i>Bacillus spp.</i>	13.4			
<i>Corynebacterium spp.</i>	11.8			
<i>Bacilles à Gram négatif</i>	6.3			
<i>Enterococcus spp.</i>	1.6			
<i>Micrococcus spp.</i>	0.8			
<i>Staphylococcus aureus</i>	40	<i>Aspergillus</i>	35	
<i>Escherichia coli</i>	16	<i>Alternaria</i>	25	Irak
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15	<i>Cladosporium</i>	15	
<i>Bacillus subtilis</i>	13	<i>Penicillium</i>	14	
<i>Enterobacter spp.</i>	8	<i>Candida</i>	6	
<i>Streptococcus spp.</i>	6	<i>Mucor</i>	5	
<i>Klebsiella spp.</i>	2			
		<i>Aspergillus orchareus</i>	19	
		<i>Aspergillus flavus</i>	6	Indonésie
		<i>Alternaria</i>	1	

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

		<i>Aspergillus niger</i>	3	
		<i>Penicillium sp.</i>	2	
		<i>Cladosporium sp.</i>	10	
		<i>Candida sp.</i>	2	
		<i>Aspergillus Fumigatus</i>	52	
		<i>Mucor sp.</i>	2	
SCN	15			(Tageo et al., 2011)
<i>Staphylococcus aureus</i>	4			Ghana
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	10			
<i>Citrobacter spp.</i>	2			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4			
<i>Salmonella spp.</i>	3			
<i>Shigella spp.</i>	2			
<i>Proteus mirabilis</i>	19			
<i>Escherichia coli</i>	8			
<i>Bacillus cereus</i>	23			
<i>Streptococcus pneumonia</i>	10			
Milieux hospitaliers				
SCN	57.7			(Uwingabiye, et al., 2015)
<i>Staphylococcus aureus</i>	18.1			Maroc
<i>Corynebacterium sp</i>	18.8			
<i>Bacillus sp</i>	2.3			
Autres bactéries	2.2			
SCN	68.4			(Ulger et al., 2009)
<i>Bacillus spp.</i>	14.4			
<i>Staphylococcus aureus</i>	8.1			

RESULTAT ET DISCUSSION

(Sensible à la méticilline)				Turquie
<i>Escherichia coli</i>	3.6			
<i>Enterococcus faecalis</i>	1.8			
(Sensible à la vancomycine)				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1.8			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.9			
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0.9			
<i>Staphylococcus aureus</i>	22.81			(Ulger et al., 2015)
SCN	16.67			
<i>Bacillus spp.</i>	7.89			Turquie
<i>Staphylococcus aureus</i>	7.02			
(Sensible à la méticilline)				
SARM	6.14			
Autres bactéries	39.47			
SCN	28.9			(Mohammadi-Sichani et Karbasizadeh, 2011)
<i>Staphylococcus aureus</i>	10.6			
SARM	1.1			
<i>Enterococcus faecalis</i>	3.3			Iran
Autres streptocoques	7.0			
<i>Micrococcus spp</i>	1.5			
<i>Bacillus spp</i>	34.0			
Corynébactéries	2.2			
<i>Escherichia coli</i>	0.4			
<i>Enterobacter spp</i>	1.1			
<i>Proteus spp</i>	0.4			
<i>Klebsiella spp</i>	1.5			
Autres entérobactéries	3.7			

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.4			
<i>Pseudomonas spp</i>	2.9			
Bacille à Gram - (Non fermentatives)	1.1			
SCN	30.5	<i>Aspergillus niger</i>	2.1	(Bhumbla et al., 2016)
Corynebactéries	23.5	<i>Candida albicans</i>	1.1	
<i>Staphylococcus aureus</i>	17.8			Inde
Microcoques	13.6			
<i>Escherichia coli</i>	6.3			
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	3.1			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3.1			
<i>Citrobacter spp.</i>	2.1			
<i>Pseudomonas</i>	22.2			(Poonia et al., 2017)
SCN	15.6			Inde
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2.2			
<i>Enterobacter</i>	2.2			
Coques à Gram +	13.3			
Bacilles à Gram –	2.2			
Autres bactéries	2.2			

SCN: Staphylocoque à coagulase négative ; SARM : *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline.

5.1 Taux de contamination microbienne des smartphones et microorganismes isolés

D'après ces résultats, la contamination microbienne des smartphones est prouvée. Les smartphones hébergent une variété de microorganismes dont le taux de contamination et le type des microorganismes diffèrent d'une étude à l'autre.

Selon Zaman et Helmi, (2017), tous les téléphones portables analysés montraient une présence bactérienne et le taux de contamination bactérienne était de 100 %.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Des études comme celles de Tagoe et al., (2011), Egert et al. (2014), Uwingabiye et al., (2015), Køljalg et al., (2017), Galazzi et al., (2019) et Allaf (2020) ont rapporté des résultats similaires ou tous les smartphones examinés étaient contaminés (100, 60, 240, 27, 50, et 100 respectivement).

D'autres, ont rapporté des taux de contamination variés allant de 77.2 % à 98.1 % (Shahabi et al., 2012, Di Lodovico et al., 2017, Koscova et al., 2018, Nwankwo et al., 2013, Karabay et al., 2007, Chang et al., 2017).

Cette différence dans le taux de contamination peut être attribuée à plusieurs facteurs : la durée de l'usage des smartphones, la fréquence de nettoyage de ces appareils et les habitudes hygiéniques de chaque personne notamment : le lavage des mains, l'utilisation des smartphones par plusieurs personnes et dans les toilettes.

Selon une étude menée dans l'université King Abdulaziz à l'Arabie saoudite, les participants ont répondu à un questionnaire qui comprenait des questions sur les différentes pratiques hygiéniques. Ils ont affirmé qu'ils utilisaient leurs smartphones d'une manière excessive : 83.75% les utilisaient plusieurs heures par jour et environ 50% les utilisaient dans les toilettes et les échangeaient avec leur familles et amis (Zaman et Helmi, 2017).

D'autre part, des recherches menées par Murgier et al., (2016) en milieu hospitalier ou des questionnaires ont été aussi distribués aux participants, a révélé que 34% du personnel de la santé désinfectaient leurs smartphones d'une manière régulière, 29% le faisait au moins une fois par semaine dont 21% utilisaient une solution alcoolique pour la désinfection.

87% ont répondu par « non » à la question : désinfectez-vous systématiquement vos mains après usage du smartphone ?

Galazzi et al., (2019) ont enregistré les statistiques suivantes : 60% du personnel de la santé ne se désinfectait pas les mains après utilisation du smartphone, alors que 40 % reportait qu'il le faisait et 38% ont déclaré qu'ils nettoyaient occasionnellement leurs appareils avec une solution alcoolique.

En ce qui concerne les microorganismes isolés, les données témoignent de la prédominance des staphylocoques, dont le pourcentage le plus élevé est généralement attribué aux staphylocoques à coagulase négative (SCN) entre autres *Staphylococcus epidermis* : 68.4% (Ulger et al., 2019) ,57.7% (Uwingabiye et al., 2015), 40% (Al-Harmooshe et al., 2017), 32.3% (Helmi et Zaman, 2017), 30.5% (Bhumbla et al., 2016).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Les SCN représentent les principaux commensaux de la peau et ils sont essentiellement responsables des infections nosocomiales surtout chez les sujets porteurs de matériel étranger (cathéter intravasculaires, prothèses ostéo-articulaires, boîtiers de stimulation cardiaque, valves de dérivation du liquide céphalo-rachidien etc.) (www.microbes-edu.org).

Cependant, le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) présentait le pourcentage le plus élevé dans les travaux de Dave et Shende, 2015(52.7%) et d'Ulger et al., 2015(22.81%).

Cette bactérie se distingue des SCN par la présence d'une coagulase. Elle colonise la muqueuse nasale et les territoires cutanés (les mains) de l'homme et elle est impliquée aussi bien dans les infections communautaires que nosocomiales (infections suppuratives superficielles et profondes ainsi que de syndromes liés à l'action de toxines) (www.microbes-edu.org).

De plus, certaines études en milieu hospitalier ont pu isoler le *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (SARM) des smartphones : 6.14% dans les travaux d'Ulger et al., (2015) et 1.1% dans ceux de Mohammadi-Sichani et Karbasizadeh, (2011). Rappelons qu'il s'agit d'un staphylocoque ayant développé une résistance à plusieurs antibiotiques, dont la méticilline, ce qui limite le choix de traitements en cas d'infections liées à ce germe (www.quebec.ca).

En plus des staphylocoques, les entérobactéries sont également les principaux agents liés aux smartphones et ils ont été isolés dans la plupart des études (**Tableau 9**).

Al-Harmooshe et al., (2017) ont pu isoler *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella spp* et *Shigella spp*, tandis que Tagoe et al., (2011) est arrivé à isoler en plus des bactéries précédentes : *Citrobacter spp* et *Proteus mirabilis*. Le genre Enterobacter a été mentionné dans les travaux de Mohammadi-Sichani et Karbasizadeh, (2011), Dave et Shende, (2015), Verma et al., (2015), Poonia et al., (2017) et de Allaf, (2020).

La présence d'*Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* et *Klebsiella*, qui font parties des coliformes, témoigne habituellement une contamination d'origine fécale et c'est ce qui a été rapporté par Verma et al., (2015), Dave et Shende, (2015), et Tagoa et al., (2011). Selon Bone, (1993) le sepsis lié aux bacilles à Gram négatif est le plus souvent causé par *Escherichia coli*, *Enterobacter spp*, *klebsiella spp* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Cette dernière bactérie était à son tour trouvée sur la surface des smartphones à de différents pourcentages : 22.2% (Poonia et al., 2017), 15% (Allaf, 2020), 12.2% (Dave et Shende, 2015), 4% (Tagoe et al., 2011), 3% (Al-Harmooshe et al., 2017), 1.8% (Ulger et al., 2009).

Par ailleurs, les coques à Gram positif notamment *Streptococcus* et *Enterococcus* sont incluses également parmi les bactéries croissantes sur les smartphones comme le montre le **tableau 9**. Ces deux genres bien qu'ils soient des pathogènes opportunistes, mais ils peuvent parfois être strictement pathogènes en provoquant de nombreuses maladies (Diallo, 2010).

En revanche, l'espèce *Streptococcus pneumoniae* peut engendrer des infections bronchiques notamment des formes de pneumonies (El Mortaji, 2010) et l'espèce *Enterococcus faecalis* est considérée comme le 5^{ème} germe causal des infections associées aux soins (IAS) et elle cause plus de 90% de ces derniers. Son origine gastro-intestinale est un indicateur de contamination fécale (Benoit, 2015).

Dans le même groupe des bactéries à Gram positif, la présence des espèces appartenant au genre *Bacillus* affirme le caractère envahissant et ubiquitaire de ces bactéries. Cette aptitude importante de colonisation est due à leur capacité de former des spores quand les conditions sont défavorables comme la désinfection des smartphones (Al-Harmooshe et al., 2017).

Concernant les champignons, ils sont moins étudiés par rapport aux bactéries. Les principaux genres retrouvés sont : *Aspergillus* (notamment les espèces *Aspergillus niger* et *Aspergillus flavus*), *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, et *Mucor*.

Ces isolats, en raison de leur capacité à produire et excréter des toxines (Ex : l'Afla-toxine de *Aspergillus flavus*), peuvent significativement engendrer la détérioration des aliments et causer des intoxications alimentaires (Dave et Shende, 2015).

En plus, *Alternaria sp*, *Penicillium sp*, et *Aspergillus sp* sont connus d'avoir causé des infections respiratoires, de l'asthme, des irritations ; et en milieu hospitalier, ils peuvent conduire à l'apparition des infections nosocomiales (Amanah et al., 2019).

Le genre *Candida* du fait de son appartenance à la flore transitaire de la peau (Goetz, 2016) a été également isolé (Bhumbla et al., 2016; Amanah et al., 2019 ; Allaf, 2020).

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

5.2 Influence du lavage des mains sur la population bactérienne

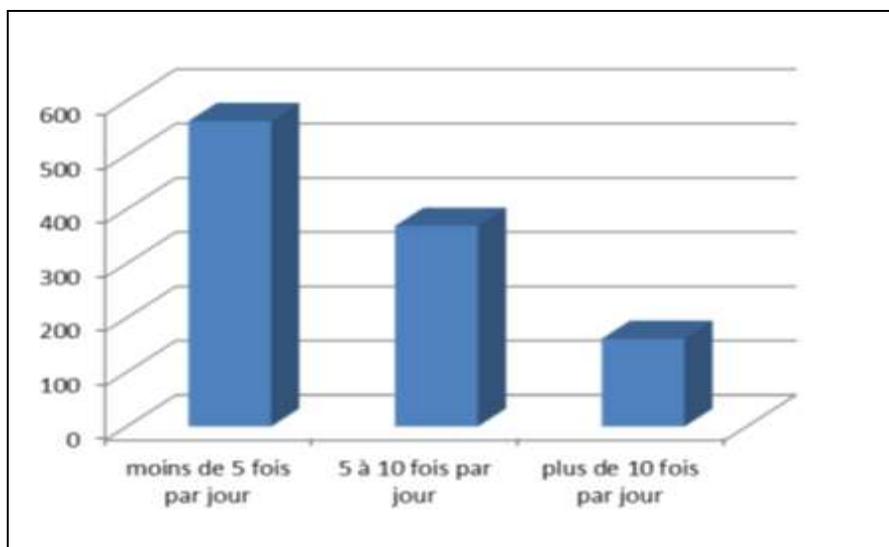
Selon l'OMS, l'hygiène des mains désigne toute action visant à réduire ou inhiber la présence et la croissance de la flore microbienne sur les mains, généralement par friction des mains avec un produit hydro-alcoolique ou lavage des mains au savon et à l'eau.

Comme nos smartphones sont toujours en contact avec nos mains, le taux de contamination microbienne des smartphones dépend fortement de l'hygiène des mains.

L'OMS recommande le lavage des mains plusieurs fois par jour et d'une fréquence plus élevée pour le personnel de la santé pour améliorer l'observance de l'hygiène dans les hôpitaux.

Plusieurs études ont été effectuées dans le but de trouver le meilleur moyen pour le lavage des mains en milieu hospitalier : Moustanfii, (2011), dans son étude, a montré que le lavage des mains plus de dix fois par jour par le personnel de la santé réduit significativement la charge bactérienne des mains. De plus, utiliser l'association savon-solution hydro-alcoolique pour se laver les mains est plus efficace que le savon ou l'alcool seul (**Figure 20 et 21**).

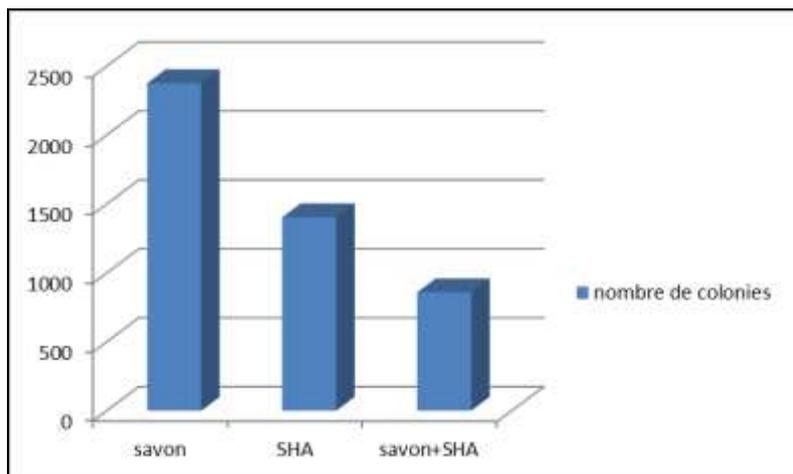
Cependant, l'OMS recommande d'éviter l'utilisation simultanée du savon et de l'alcool et de se satisfaire de l'eau et le savon ou l'alcool.



RESULTAT ET DISCUSSION

Figure 1829: Action de la fréquence du lavage des mains sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011).

Unité : nombre de colonies/mm²



Formatted: French (France)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: Font: (Default) Calibri, Complex Script Font: Arial, Superscript

Formatted: Normal

Figure 1924: Action de la nature du lavage des mains sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011).

Unité : nombre de colonies/mm²

5.3 La relation entre la nature des couvercles des smartphones et la contamination microbienne

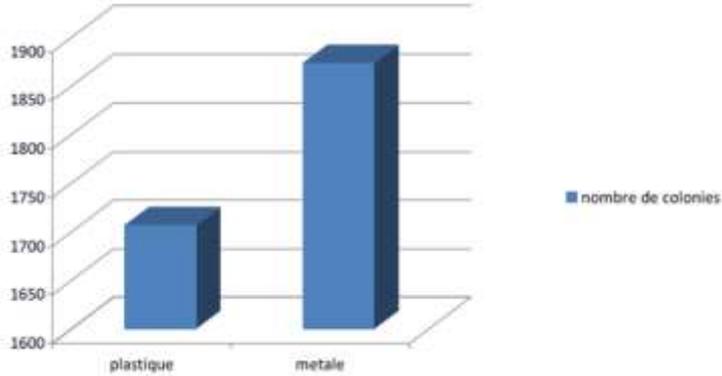
Il s'est avéré qu'il y a une relation entre la nature de la matière du couvercle du téléphone portable et le taux de contamination bactérienne de ce dernier.

En effet, selon Moustanfii, (2011), les couvercles en plastique présente beaucoup moins de bactéries par rapport aux couvercles en métal. Et ceci peut être expliqué par le fait que le métal permet une très bonne dissipation de la chaleur qui est l'un des facteurs favorisant la croissance bactérienne. Par contre, cette dissipation est moindre dans le plastique (www.papergeek.fr).

Formatted: Normal

Formatted: Font: (Default) Calibri, Complex Script Font: Arial, Superscript

RESULTAT ET DISCUSSION



Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Figure 2022: Action de la matière du couvercle du téléphone sur le portage bactérien (Moustanfii, 2011)

5.4 Méthodes de décontamination des smartphones

5.4.1 La décontamination des smartphones par l'alcool 70°

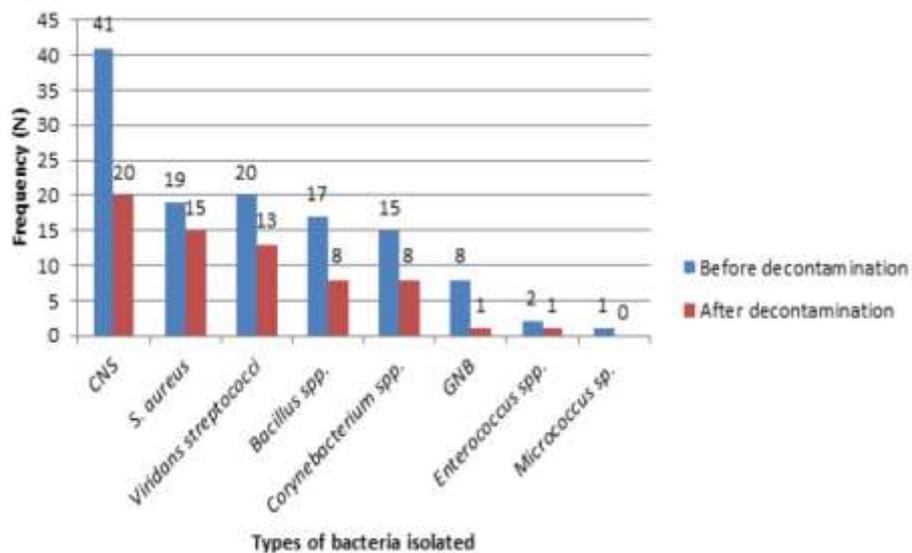
Selon une étude faite à la faculté de médecine de l'université King Abdulaziz (Jeddah Arabie saoudite), la désinfection des téléphones portables par l'alcool 70° réduit le taux de la croissance bactérienne de 100% (avant décontamination) à 47.6 % (après décontamination) (Zaman et Helmi, 2017).

Un total de 84 téléphones portables a été soumis à deux types de prélèvement bactériologique, avant décontamination et après décontamination en nettoyant les appareils avec des lingettes à base d'alcool 70°. Les résultats sont mentionnés dans le **tableau 10** et la **figure 23**.

Tableau 10: La croissance bactérienne avant et après décontamination des téléphones portables avec l'alcool 70° (Zaman et Helmi, 2017).

Etat du téléphone portable	Nombre de téléphones portables présentant une croissance positive	Nombre de téléphones portables présentant une croissance négative	Total
Avant décontamination	84	0	84
Après décontamination	40	44	84

RESULTAT ET DISCUSSION



CNS: coagulase negative Staphylococci, GNB: Gram negative bacilli.

Figure 2123: Type et fréquence des bactéries isolées des téléphones portables avant et après décontamination (Zaman et Helmi, 2017).

Dans le même but d'étudier l'efficacité de l'alcool pour la décontamination, une autre étude a testé l'effet de l'alcool isopropylique 70° et l'alcool éthylique 70° après avoir contaminer des téléphones portables par quatre bactéries : *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. Aucune croissance bactérienne n'a été notée avec les deux alcools et les deux agents désinfectants ont été efficaces d'une façon similaire (Mohammadi-Sichani et Karbasizadeh, 2011).

Ceci témoigne l'efficacité des solutions hydroalcooliques sur le portage bactérien comme a déclaré Uwingabiye et al., (2015) : la solution hydroalcoolique constitue le meilleur moyen de décontamination de téléphones mobiles en routine ».

5.4.2 La décontamination des smartphones par le chlorure de digluconate et le triclosan :

Le digluconate de chlorhexidine (CHX) est un antiseptique très efficace pour l'hygiène buccale. Il est utilisé sous sa forme pure pour traiter les infections bactériennes de la muqueuse

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

buccale. Il est efficace contre un large spectre d'hôtes : bactéries (coques à Gram positives et Gram négatives) et certaines espèces fongiques. L'effet du CHX est bactériostatique à faible concentration (0,02–0,06%) et bactéricide lorsque la concentration est plus élevée (0,12–0,2 %) (Yildirim et al., 2015).

Le triclosan à son tour est un produit de synthèse utilisé comme un agent antibactérien, antifongique, antiviral, antitartre et agent de conservation (Parent, 2009).

Ces deux composés se retrouvent dans de nombreux produits d'hygiène tels que le savon liquide, le dentifrice ou le déodorant.

Après la désinfection des téléphones portables par des lingettes antimicrobiennes dont les principes actifs étaient le gluconate de chlorhexidine et le triclosan, une réduction de la contamination bactérienne a été observée chez toutes les bactéries isolées. Ces composés ont pu réduire le nombre de bactéries à zéro dans 60.9% des téléphones (Koscova et al., 2018) (**Figure 24**) (**tableau 11**).



Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Figure 224: Cultures sur gélose au sang des bactéries isolées des téléphones mobiles avant (à droite) et après désinfection (à gauche) par le chlorure de digluconate et le triclosan (Koscova et al., 2018).

Tableau 11: Pourcentage des bactéries isolées de la surface des téléphones mobiles (n=25) avant et après désinfection par le chlorure de digluconate et le triclosan (Koscova et al., 2018).

Organismes	Avant désinfection	Après désinfection	Réduction de la contamination
<i>Staphylococcus aureus</i>	5(20%)	2(8%)	60%
SCN	19(76%)	7(28%)	63.2%
<i>Bacillus spp.</i>	9(36%)	1(4%)	88.9%
<i>Micrococcus spp.</i>	9(36%)	1(4%)	88.9%
Bactéries entériques	3(12%)	0(0%)	100%

SCN : Staphylocoques à coagulase négative.

5.4.3 La décontamination des smartphones par le Surfanios

Il s'agit de N-(3- aminopropyl-N-dodécylpropane-1 et chlorure de didécyltriméthyl ammonium, un produit utilisé pour la décontamination des sols et des surfaces dans les hôpitaux et les établissements de santé pour son effet bactéricide, tuberculocide et levuricide (Murgier et al., 2016).

Une étude menée par Murgier et al., (2016) sur 52 smartphones a montré que l'application directe par lingette d'une solution de Surfanios Premium (diluée à 0.25%) sur ces derniers (pendant 30 secondes) réduit efficacement la contamination bactérienne. Les smartphones appartenant au personnel hospitalier rentrant en salle d'opérations au bloc d'orthopédie (CHU de Toulouse, Purpan) (**Tableau 12**).

Tableau 12: Nombre moyen d'UFC et taux de contamination bactérienne des smartphones avant et après décontamination par des lingettes imbibées du Surfanios (Murgier et al., 2016).

Etat du smartphone	Nombre moyen d'UFC (UFC)	Taux de contamination (%)
Avant décontamination	258 par smartphone	94
Après décontamination	127 par smartphone	75

5.4.4 La décontamination des smartphones par le chlorure de benzalkonium

Le chlorure de benzalkonium est un composé chimique connu pour ses propriétés antiseptiques et désinfectantes, c'est un bactéricide qui agit sur des bactéries à Gram positif aussi bien que sur des bactéries à Gram négatif et à des concentrations faibles (entre 0.1 et 0.2%). Il

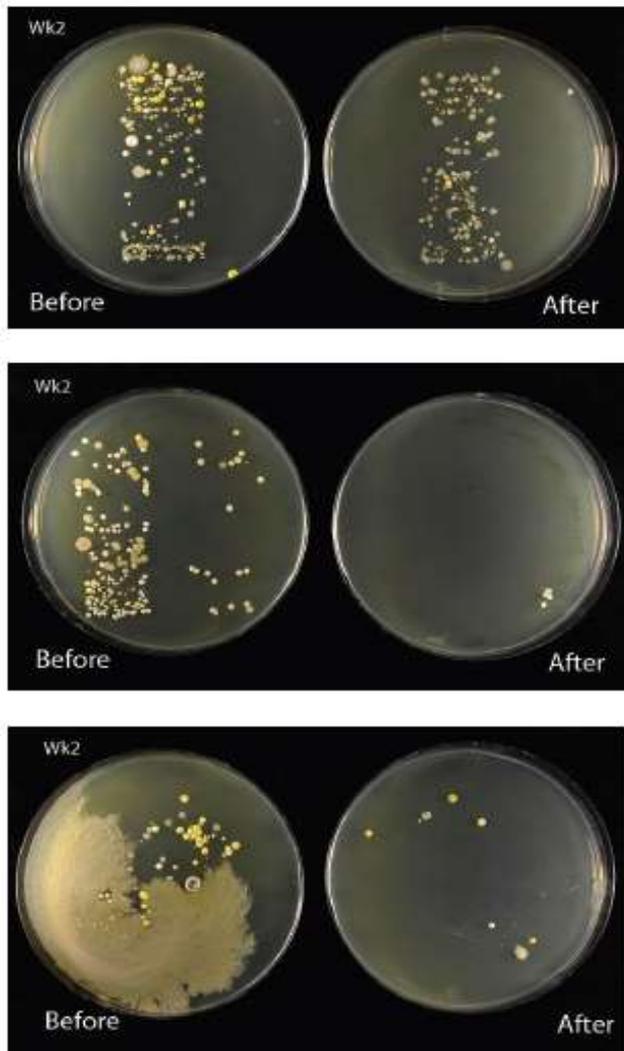
Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

élimine *Staphylococcus aureus*, les streptocoques bêta-hémolytiques ainsi que *Pseudomonas aeruginosa* (Vidal, 2013).

Une étude montrant son efficacité a été réalisé par Verran (2012) (**Figure 25**).



Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

RESULTAT ET DISCUSSION

Figure 2325: Cultures bactériennes montrant la contamination de trois téléphones portables avant et après décontamination avec des lingettes antimicrobiennes contenant le chlorure de benzalkonium comme principe actif et montrant sa différence d'efficacité (Verran, 2012)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PRESPECTIVE

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Formatted: Left

Conclusion et perspectives

Notre étude suggère, que les smartphones sont des nids microbiens et peuvent servir comme un vecteur de propagation des maladies infectieuses aussi bien dans la société que dans le milieu hospitalier.

Les résultats évoquent que ces appareils électroniques qui nous accompagnent tout le temps portent plusieurs microorganismes dont la majorité sont des bactéries qui colonisent différentes parties du corps humain notamment la peau, le tube digestif et les voies respiratoires. D'autres bactéries sont transitoires et proviennent de l'environnement : l'air et le sol.

Les staphylocoques, les entérobactéries, les streptocoques, les corynébactéries, les bacillus et les pseudomonas sont les bactéries les plus retrouvées à la surface des smartphones en plus des champignons appartenant aux genres : *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Mucor* et *Candida*.

Ces microorganismes ne causent aucun problème dans le cas où chaque individu se préoccupe aussi bien de son hygiène des mains que l'hygiène de son smartphone. Cependant, ils peuvent être dangereux et provoquent des pathologies dans le cas du manque d'hygiène des individus. Ce risque est plus élevé en milieu hospitalier en raison de la présence de sujets malades et immunodéprimés.

Pour cela, des recommandations sont à prendre en considération :

- Le lavage des mains à l'eau et du savon ou par friction hydro-alcoolique plusieurs fois par jour pendant au moins 30 secondes et après chaque utilisation du smartphone.
- La désinfection des smartphones eux-mêmes est également recommandée et l'alcool 70° semble le moyen le plus simple, rapide et efficace.
- En milieu hospitalier, il sera nécessaire d'informer le personnel de la santé des risques sanitaires associés à l'utilisation des smartphones dans les établissements de santé et

CONCLUSION ET PRESPECTIVE

d'introduire la notion de la désinfection de ces appareils afin de limiter la transmission des microorganismes et de réduire les infections nosocomiales.

- L'introduction des solutions hydroalcooliques en milieu hospitalier représente indiscutablement un progrès permettant d'améliorer l'observance de l'hygiène des mains par le personnel.
- L'interdiction des smartphones dans les services hospitaliers à haut risque.
- D'autres comportements non hygiéniques qui peuvent aggraver la contamination microbienne des smartphones et son potentiel infectieux sont aussi à éviter comme :
 - L'utilisation des smartphones au cours des repas.
 - L'utilisation des smartphones aux toilettes.
 - L'utilisation des smartphones par plusieurs personnes.

Afin de compléter et approfondir les résultats obtenus lors des travaux qu'on a reportés, plusieurs perspectives peuvent être proposées :

- ❖ La réalisation d'antibiogramme des bactéries isolées des smartphones pourrait contribuer à la démonstration de leur rôle dans la transmission de bactéries multi-résistantes, un problème global et préoccupant de la santé publique.
- ❖ S'intéresser à l'étude de la flore virale des smartphones pourrait prouver leur rôle probable dans la transmission de la grippe et d'autres infections virales y compris le Covid-19.
- ❖ Faire appel aux méthodes moléculaires d'identification permettra de bien identifier les souches des espèces microbiennes isolées et de mettre en évidence leurs virulence à travers la détection des gènes de pathogénicité.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

CONCLUSION ET PRESPECTIVE

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Références bibliographiques

Formatted: Space After: 10 pt

A

1. Al-Harmoosh, R. A., Mutlaq, N. H., Alabassi, M. M., Al-Shamari, A. M., & Al-Khafaji, H. M. (2017). Surface of mobile phone: As a carrier of pathogenic bacteria. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 10(10), 1827–1830. Disponible sur: <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2017.00618.7>

2. Allaf, M. (2020). Microbial Contamination of Mobile Phones in Mosul University. Disponible sur: <https://www.researchgate.net/publication/340418178%0AMicrobial>

3. Amanah, A., Apriyanto, D. R., & Fitriani, H. (2019). Isolation of surveillance pathogenic fungal microbial contaminant on mobile phone. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(20), 3493–3496. Disponible sur: <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.685>

4. Amartin, E. (2016). La flore cutanée normale. Thèse de doctorat: Pharmacie. Lille: Université de Lille 2, 79p. Disponible sur: <https://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/32a3f93d-da47-46ec-9b22-94dbf6d021a0>

B

5. Biotechnologies au lycée. Identification bactérienne. (2015/2016). [Photo]. **In** : droguet-sebastien.e-monsite. Disponible sur : <http://droguet-sebastien.e-monsite.com/pages/activites-technologiques-1ere-2015-2016/at20-identification-bacterienne.html>. (Page consultée le : 07/07/2020)

6. Benmezad, A. (2016). Candida et candidoses. Support de cours [En ligne]. (Page consultée le 25/7/2020). Disponible sur : [file:///C:/Users/GE/Downloads/parasito25-candidose_poly%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GE/Downloads/parasito25-candidose_poly%20(1).pdf).

7. Bhumbla, U., Ahmad, S. M., Mathur, D. R., Bandey, L., & Mathur, G. (2016). Study on microbial contamination of mobile phones and their role in nosocomial infections in a tertiary hospital of South India. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(3), 201–202. Disponible sur: <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9s3.14603>

8. Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G., et Vernes-Bourdais E. (2002). Microbiologie et Qualité dans les industries agroalimentaires. Collection Biosciences et Techniques. Sciences des Aliments. 245p.

C

8. Campus de microbiologie médicale. Staphylococcus [en ligne] (page consultée le 1/7/2020). Disponible sur: <http://www.microbes-edu.org/etudiant/staph.html>.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

9. Carlotti, A. (2014). Identification des moisissures. *La Vague*, 36(42), 10–12. Disponible sur: <https://fr.calameo.com/read/002770582f007de2990ad>

10. Chang, C. H., Chen, S. Y., Lu, J. J., Chang, C. J., Chang, Y., & Hsieh, P. H. (2017). Nasal colonization and bacterial contamination of mobile phones carried by medical staff in the operating room. *PLoS ONE*, 12(5). Disponible sur: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175811>

11. Coumes Florens, S. (2011). Les modules de « détection/résistance » aux antibiotiques peptidiques chez les Firmicutes. Thèse de doctorat : Microbiologie. Marseille : Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II, 288. Disponible sur : www.theses.fr . (Page consultée le : 23/07/2020)

D

12. Dave, S., & Shende, K. (2015). Isolation and Identification of Microbes Associated With Mobile Phones in Durg District in Chhattisgarh Region, India. *IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology*, 1(6), 71–73. Disponible sur: <http://iosrjournals.org/iosr-jstft/papers/SSSMHB/Volume-6/14.paper74.pdf>

13. Demay, F. (2012). Mycètes : les levures [En ligne]. Support de cours. (Page consultée le 25/7/2020). Disponible sur : <http://fdanieau.free.fr/cours/bts/A1/microbiologie/TP/Mycetes-Levures.pdf>.

14. Di Lodovico, S., Del Vecchio, A., Cataldi, V., Di Campli, E., Di Bartolomeo, S., Cellini, L., & Di Giulio, M. (2017). Microbial Contamination of Smartphone Touchscreens of Italian University Students. *Current Microbiology*, 75(1), 336–342. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s00284-017-1385-9>

15. Diallo, C. (2010). Typage Et Prévalence Du Gene Emm Codant Pour La Protéine M De *Streptococcus Pyogenes* : Etude Bgas2000 A Bamako Au Mali. Thèse de doctorat : Pharmacie. Bamako : Université de Bamako, 88p. Disponible sur: <file:///C:/Users/GE/Downloads/srepto%20et%20entero.pdf> . (Page consultée le 20/7/2020).

Diakaria, G. (2002). Etude de la prévalence des infections nosocomiales d'origine bactérienne dans le service de néphrologie et dans l'unité d'hémodialyse à l'hôpital du Point G. Thèse de doctorat: Pharmacie. Mali: Université de Bamako, 65. Disponible sur: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2002/pharma/pdf/02P50.pdf>. (Page consultée le: 23/08/2020)

E

16. Ecomnews Med. En Algérie il y a plus de Smartphones que d'Algériens ! [En ligne]. (Page consultée le 24/7/2020). Disponible sur: <https://www.ecomnewsmed.com/2018/06/14/en-algerie-il-y-a-plus-de-smartphones-que-dalgeriens/> .

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

17. Egert, M., Späth, K., Weik, K., Kunzelmann, H., Horn, C., Kohl, M., & Blessing, F. (2014). Bacteria on smartphone touchscreens in a German university setting and evaluation of two popular cleaning methods using commercially available cleaning products. *Folia Microbiologica*, 60(2), 159–164. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s12223-014-0350-2>

18. Ekrakene, T., & Igeleke, C. L. (2007). Microorganisms Associated with Public Mobile Phones along Benin sapele Express Way, Benin city, Edo state of Nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(12), 2009–2012. Disponible sur: <https://www.researchgate.net/publication/267935879%0AMicro-organisms>

19. El Mortaji, L. (2010). Mécanismes Moléculaires De La Biogénèse Du Pilus Chez *Streptococcus Pneumoniae*. Thèse de doctorat : Biologie Structurale et Nanobiologie. Grenoble : Université de Grenoble, 239p. Disponible sur : <file:///C:/Users/GE/Downloads/pneumonie.pdf> . (page consultée le 20/7/2020).

G

20. Galazzi, A., Panigada, M., Broggi, E., Grancini, A., Adamini, I., Binda, F., ... Grasselli, G. (2019). Microbiological colonization of healthcare workers' mobile phones in a tertiary-level Italian intensive care unit. *Intensive and Critical Care Nursing*, 52, 17–21. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2019.01.005>

21. Ghafir, Y., & Daube, G. (2007). Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 151, 79–100. Disponible sur: <http://hdl.handle.net/2268/499>

22. Goetz, A. (2016). Monographie: Le microbiote cutané. Chicoutimi. Université de Québec. 34p. Disponible sur: <http://www.scc-quebec.org/wp-content/uploads/2017/08/Microbiote-cutane%CC%81-Anne-Goetz-2016.pdf>. (Page consultée le: 2/8/2020).

H

23. Helmi, N. R. M., & Zaman, R. M. Q. (2017). Isolation of bacteria from mobile phones before and after decontamination: Study carried out at King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia. *African Journal of Microbiology Research*, 11(35), 1371–1378. Disponible sur: <https://doi.org/10.5897/ajmr2017.8639>

J

24. Jaftspe. Observation au microscope des résultats de la coloration de Gram. (06/02/2016). [Photo]. In : [resistancebacteriesantibiotiques](https://resistancebacteriesantibiotiques.wordpress.com/2016/02/02/coloration-de-gram/). Disponible sur : <https://resistancebacteriesantibiotiques.wordpress.com/2016/02/02/coloration-de-gram/>. (Page consultée le : 20/08/2020)

K

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Formatted: French (France)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

25. Karabay, O., Koçoğlu, E., & Tahtacı, M. (2007). The role of mobile phones in the spread of bacteria associated with nosocomial infections. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 1(1), 72–73. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/26474353_The_role_of_mobile_phones_in_the_spread_of_bacteria_associated_with_nosocomial_infections

26. Kõljalg, S., Mändar, R., Sõber, T., Rööp, T., & Mändar, R. (2017). High level bacterial contamination of secondary school students' mobile phones. *GERMS*, 7(2), 73–77. Disponible sur: <https://doi.org/10.18683/germs.2017.1121>

27. Koscova, J., Hurnikova, Z., & Pisl, J. (2018). Degree of bacterial contamination of mobile phone and computer keyboard surfaces and efficacy of disinfection with chlorhexidine digluconate and triclosan to its reduction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2238. Disponible sur: <https://doi.org/10.3390/ijerph15102238>

L

28. Ladraa, R., Kaabouche, A. (2016). Etude microbiologique de la monnaie fiduciaire Algérienne. Mémoire de Master : Microbiologie générale et biologie moléculaire des microorganismes. Constantine : Université des Frères Mentouri, 84p. Disponible sur : <https://docplayer.fr/57365903-Republique-algerienne-democratique-et-populaire-ministere-de-l-enseignement-superieur-et-de-la-recherche-scientifique.html>. (Page consultée le : 05/09/2020)

29. Laurent. Smartphone en métal, verre ou plastique : quels sont les avantages de chaque matériau ? [En ligne]. (Page consultée le 19/8/2020). Disponible sur : <https://www.papergeek.fr/smartphone-en-metal-verre-ou-plastique-quels-sont-les-avantages-de-chaque-matériau-75685>.

30. Lecellier, A. (2013). Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. Thèse de doctorat : biologie-biophysique. Reims: Université De Reims Champagne-Ardenne, 196p. Disponible sur : [file:///C:/Users/GE/Downloads/40759_LECELLIER_2013_archivage%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GE/Downloads/40759_LECELLIER_2013_archivage%20(1).pdf) . (page consultée le 5/8/2020).

M

31. Mohammadi-Sichani, M., & Karbasizadeh, V. (2011). Bacterial contamination of healthcare workers' mobile phones and efficacy of surface decolonization techniques. *African Journal of Microbiology Research*, 5(30), 5415–5418. Disponible sur: <https://doi.org/10.5897/ajmr11.1062>

32. Moustanfii, W. (2011). Etude bactériologique des téléphones portables à l'hôpital militaire d'instruction Mohammed V de rabat. Thèse de doctorat : pharmacie. Rabat : Université Mohammed V, 103p. Disponible sur : file:///C:/Users/GE/Downloads/nanopdf.com_voir-ouvrir.pdf . (Page consultée le 19/7/2020).

33. Murgier, J., Coste, J. F., Cavaignac, E., Bayle-Iniguez, X., Chiron, P., Bonneville, P., & Laffosse, J. M. (2016). Microbial flora on cell-phones in an orthopedic surgery room before and after decontamination. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 102(8), 1093–1096. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.rcot.2016.10.102>

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Formatted: Space After: 0 pt

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

N

34. Nwankwo, E. O., Ekwunife, N., & Mofolorunsho, K. C. (2014). Nosocomial pathogens associated with the mobile phones of healthcare workers in a hospital in Anyigba, Kogi state, Nigeria. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 4(2), 135–140. Disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.jegh.2013.11.002>

P

35. Passeron, J. (2014). La dépendance aux téléphones portables ou Smartphones à usage professionnel est-elle un risque pour la santé et la sécurité au travail ? .Thèse de doctorat : Médecine. Paris : Université Paris Descartes, 115p. Disponible sur : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01119075/document>. (Page consultée le 4/8/2020).

36. Poonia, S. K., Joshi, P., Lodha, R., Kapil, A., & Srinivas, M. (2017). Surveillance of microbial contamination of mobile phones, reported behaviour and hand hygiene practices of healthcare personnel related to mobile phone use: a prospective observational study. *Journal of Patient Safety and Infection Control*, 5(1), 40–44. Disponible sur: <http://www.jpsiconline.com/text.asp?2017/5/1/40/213287>

Q

37. Anonyme. Infection causée par un staphylocoque doré : le SARM [en ligne] (page consultée le 1/7/2020). Disponible sur: <https://www.quebec.ca/sante/problemes-de-sante/a-z/infection-causee-par-un-staphylocoque-sarm/>.

R

38. Rodriguez-Nava, V., Laurent, F., Couble, A., & Boiron, P. (2007). Revue Francophone des Laboratoire. *Revue Francophone Des Laboratoires*, 2007(391), 49–56. Disponible sur: [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(07\)80129-8](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(07)80129-8)

S

39. Sabotage hormonal. Le triclosan [en ligne] (page consultée le 11/8/2020). Disponible sur: <https://spip.telug.ca/pe/spip.php?article46>.

40. Sarwar, M., & Soomro, T. R. (2013). Impact of Smartphone's on Society. *European Journal of Scientific Research*, 98(2), 216–226. Disponible sur: <https://www.researchgate.net/publication/236669025>

41. Shahaby, A. ., Awad, N. . ., El Tarras, A. . ., & Bahobial, A. . (2012). Mobile phone as potential reservoirs of bacterial pathogens. *African Journal of Biotechnology*, 11(92), 15896–15904. Disponible sur: <https://doi.org/10.5897/ajb12.1836>

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

42. Steris. Storage, use and shipping of surface contact (RODAC) testing plates. (02/05/2011). [Photo]. In : steris-ast. Disponible sur: <https://www.steris-ast.com/techtip/storage-use-and-shipping-of-surface-contact-rodac-testing-plates/>. (Page consultée le : 06/08/2020)

T

43. Tagoe, D., Gyande, V., & Ansah, E. (2011). Webmedcentral. *WebmedCentral MICROBIOLOGY*, 2(10). Disponible sur: <https://doi.org/10.9754/journal.wmc.2011.002294>

44. Thiébaux. Durée de vie du coronavirus : dans l'air, sur du papier, sur la peau ? [En ligne]. (Page consultée le 18/8/2020). Disponible sur : <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-maladies/2628065-coronavirus-duree-de-vie-air-objet-combien-de-temps-surface-eau-masque-tissu-peau/>.

U

45. Ulger, F., Dilek, A., Esen, S., Sunbul, M., & Leblebicioglu, H. (2015). Are healthcare workers' mobile phones a potential source of nosocomial infections? Review of the literature. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 9(10), 1046–1053. Disponible sur: <https://doi.org/10.3855/jide.6104>

46. Ulger, F., Esen, S., Dilek, A., Yanik, K., Gunaydin, M., & Leblebicioglu, H. (2009). Are we aware how contaminated our mobile phones with nosocomial pathogens? *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 8(7). Disponible sur: <https://doi.org/10.1186/1476-0711-8-7>

47. Uwingabiye, J., Moustanfii, W., Chadli, M., & Sekhsokh, Y. (2015). Etude de la flore bactérienne contaminant les téléphones mobiles avant et après la désinfection: Comparaison entre les professionnels soignants de l'hôpital militaire d'instruction Mohammed V de Rabat et les témoins. *Pan African Medical Journal*, 22(326), 830–835. Disponible sur: <https://doi.org/10.11604/pamj.2015.22.326.7292>

V

48. Verma, D. K., Barasa, A., Dara, D., W/Medehen, H., Asrat, H., Demissie, N., ... Berhane, N. (2015). Isolation and Characterization of Bacteria From Mobile Phones of Students and Employees at University of Gondar, Ethiopia. *Bulletin of Pharmaceuticals Research*, 5(3), 96–100. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/296702917_ISOLATION_AND_CHARACTERIZATION_OF_BACTERIA_FROM_MOBILE_PHONES_OF_STUDENTS_AND_EMPLOYEES_AT_UNIVERSITY_OF_GONDAR_ETHIOPIA

49. Verran, J. (2012). The Microbial Contamination of Mobile Communication Devices. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 13(1), 59–61. Disponible sur: <https://doi.org/10.1128/jmbe.v13i1.351>

50. Verscheure, M., Lognay, G., & Marlier, M. (2002). Revue bibliographique : les méthodes chimiques d'identification et de classification des champignons. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 6(3), 131–142. Disponible sur:

Formatted: French (France)

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Default, Line spacing: Multiple 1,15 li, Widow/Orphan control, Adjust space between Latin and Asian text, Adjust space between Asian text and numbers

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

http://www.pressesagro.be/base/text/v6n3/131.pdf?fbclid=IwAR3UL4RjXfdIorORNvRBb8Wd-uFogg5Tt67ll_OS9dEV79LphLRSUREJbbI

51. Vidal. Benzalkonium chlorure [en ligne] (page consultée le 10/9/2020). Disponible sur : https://www.vidal.fr/substances/525/benzalkonium_chlorure/#:~:text=Par%20voie%20cutan%C3%A9e%2C%20le%20chlorure,en%20charge%20de%20la%20contraception

Y

52. Yildirim, A., Metzler, P., Lübbers, H., & Yildirim, V. “Digluconate de chlorhexidine – histoire mécanisme d’action et risques,” *SWISS Dent. J. SSO*, vol. 125, pp. 830–831, 2015.

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: French (France)

Formatted: Line spacing: single

ANNEXE

ANNEXE

Formatted: Centered, Border: Bottom: (Thin-thick small gap, Auto, 3 pt Line width)

Formatted: Different first page header

Annexes

Annexe N°01

« Composition des milieux de culture »

Ingrédients en **grammes par litre** d'eau distillée ou déminéralisée :

Milieu LB :

- | | |
|----------------------|----|
| • Peptone | 10 |
| • Extrait de levures | 5 |
| • NaCl | 10 |
| • Agar | 15 |

pH final à 25 °C : $7,0 \pm 0,2$

Milieu Sabouraud :

- | | |
|----------------------|-------|
| • peptone de caséine | 5,00 |
| • Peptone de viande | 5,00 |
| • Glucose | 40,00 |
| • Agar | 15,00 |

pH final à 25 °C : $5,6 \pm 0,2$

Milieu Mac Conkey :

- | | |
|----------------------|-------|
| • peptone | 20,00 |
| • sucre | 10,00 |
| • sels biliaires | 1,5 |
| • cristal violet | 0,001 |
| • rouge neutre | 0,05 |
| • chlorure de sodium | 5,0 |
| • Agar | 15,0 |

pH final à 25 °C : $7,1 \pm 0,2$

- L'ajustement du pH des milieux de culture doit être effectué avec une solution de NaOH 1N ou une solution de HCL 1N selon le cas.
- La stérilisation des milieux de culture doit se faire dans l'autoclave pendant 20 min à 121 °C.

Formatted: Font: Bold, Complex Script Font: Bold

➤

Formatted: No bullets or numbering

Résumé

Cette étude a un objectif principal et un objectif secondaire ; le premier est d'évaluer la contamination microbienne des smartphones et d'isoler les microorganismes croissant sur leurs surfaces, le deuxième est de tester l'efficacité de deux techniques courantes de désinfection de ces appareils.

Dans un premier temps, des prélèvements microbiologiques devraient être effectués sur une quinzaine de smartphones en utilisant deux techniques : l'écouvillonnage et la technique du papier collant. Ces prélèvements devraient être faits avant et après nettoyage des smartphones par : 1-des lingettes, 2-l'alcool 70° sur trois zones du smartphone : surface, coquille et bordures. En deuxième lieu, l'ensemencement des échantillons et l'incubation des milieux de culture (LB et Sabouraud) devraient être réalisés afin de procéder premièrement au comptage de colonies bactériennes et fongiques et deuxièmement à la purification des cultures par repiquage. Ensuite, des examens macroscopiques et microscopiques ainsi que des tests biochimiques devraient être effectués pour l'identification des isolats bactériens et fongiques.

À cause de la pandémie due au coronavirus Covid-19 et l'impossibilité de la réalisation de ce travail, nous avons rapporté les résultats de travaux similaires déjà publiés. Ces derniers suggèrent que les smartphones sont un abri idéal qui favorise la croissance des microorganismes dont la majorité sont des bactéries que l'on trouve normalement sur la peau et d'autres proviennent de l'environnement. Les bactéries les plus communément isolées sont des staphylocoques (famille des Staphylococcaceae), des streptocoques (famille des Streptococcaceae), des entérobactéries (famille des Enterobacteriaceae), des corynébactéries (famille des Corynebacteriaceae), des bacillus (famille des Bacillaceae), et des pseudomonas (famille des Pseudomonadaceae). Les champignons sont représentés par les genres suivants : *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor* et *Candida*.

Ces microorganismes peuvent être très dangereux et causent des maladies infectieuses aussi bien dans la société que dans le milieu hospitalier. Pour cela plusieurs études ont été faites dans le

but de tester des molécules qui peuvent contribuer à la réduction de la contamination microbienne des smartphones. Les plus efficaces sont entre autres : le chlorure de digluconate, le triclosan, le chlorure de benzalkonium et l'alcool 70°. Ce dernier semble le moyen le plus simple, rapide, efficace et économique.

Mots clés : smartphone, contamination microbienne, bactéries, champignons, désinfection, hygiène.

Abstract

This study has two objectives, primary and secondary one, the first one is to evaluate the microbial contamination of smartphones and to isolate microorganisms growing on their surfaces. The second objective is to test the efficacy of two common techniques of disinfection for these devices.

First of all, microbiological samples should be taken from about fifteen smartphones using two techniques: swabbing and sticky tape technique. These samples should be taken before and after cleaning the smartphones by: 1-wipes, 2- 70° alcohol and on the three zones of the smartphone: surface, back and edge.

Secondly, the inoculation of samples and the incubation of culture medium (LB and Sabouraud) should be carried out in order to first make a count of bacterial and fungal colonies and second thing to purify cultures by sub-culturing.

Next, macroscopic and microscopic examinations also biochemical tests should be carried out for the identification of bacterial and fungal isolates.

Because of the Covid-19 pandemic and the inability to perform this master's thesis, the results belong to similar studies that are already published. These results suggest that smartphones are a perfect shelter that fosters the growth of microorganisms, the most commonly isolated bacteria are: staphylococci (the family of Staphylococcaceae), streptococci (family of Streptococcaceae), enterobacteriaceae, corynebacteria (the family of Corynebacteriaceae), bacilli (the family of Bacillaceae) and pseudomonas (the family of Pseudomonadaceae).

Fungi are represented by the following genera: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor* and *Candida*.

These microorganisms can be very dangerous and cause a lot of infectious diseases to both public and hospital professionals. Therefore, several studies have been carried out to test different molecules that can reduce the microbial contamination of smartphones. The most effective are:

digluconate chloride, triclosan, banzalkonium chloride and 70° alcohol. This last seems to be the simplest, fastest and most effective and cheap way.

Key words: Smartphone, microbial contamination, bacteria, fungi, disinfection, hygiene

ملخص

تقوم هذه الدراسة على هدف أساسي و آخر ثانوي الهدف الأول هو تقييم العدوى الميكروبية للهواتف الذكية و عزل الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش على سطحها. الهدف الثاني هو اختبار فعالية تعقيم هاته الأجهزة بواسطة طريقتين متداولتين. في البداية، يجب أخذ عينات ميكروبيولوجية لخمسة عشرة هاتف ذكي و ذلك بتطبيق تقنيتين: المسح و تقنية الورق اللاصق. تأخذ العينات قبل و بعد تعقيم الهواتف الذكية باستعمال: 1-مناديل ملللة، 2-كحول ذو 70° درجة، و ذلك على المناطق الثلاثة للهاتف الذكي: السطح، الظهر و الحواف. ثانيا يجب القيام بزراع العينات و حضن أوساط الزرع (LB et Sabouraud) و ذلك من أجل: أولا عد المستعمرات البكتيرية و الفطرية، ثانيا من أجل تصفية المزارع الميكروبية بواسطة إعادة الزرع. بعد ذلك يجب إجراء الفحوص العينية و المجهرية بالإضافة إلى الاختبارات البيوكيميائية لمعرفة هوية البكتيريا و الفطريات المعزولة.

بسبب انتشار جائحة فيروس كورونا و عدم إمكانية تنفيذ هذا العمل النتائج التي تم عرضها هي نتائج الأبحاث المشابهة المنشورة مسبقا. تشير هذه الأخيرة إلى أن الهواتف الذكية عبارة عن مأوى مثالي يحدث على نمو الكائنات الحية الدقيقة، حيث تحتل البكتيريا غالبيتها ، نجدها غالبا على سطح الجلد و أنواع أخرى تستوطن البيئة المحيطة. أكثر أنواع البكتيريا المعزولة شيوعا: المكورات العنقودية (staphylocoques) المكورات العقدية (streptocoques)، البكتيريا المعوية (les entérobactéries)، البكتيريا الوتدية (les corynébactéries) و العصيات (Bacillus) و الزانفة (Pseudomonas).

تتمثل أجناس الفطريات في : (Aspergillus)، (Alternaria)، (Penicillium)، (Cladosporium)، (Mucor)، (Candida).

هذه الكائنات الدقيقة يمكنها أن تكون جد خطيرة و يمكنها ان تسبب كثيرا من الأمراض المعدية عند كل من العامة و الأوساط الإستشفائية كذلك. من أجل هذه الغاية أجريت دراسات عديدة حيث الهدف منها اختبار الجزيئات القادرة على الحد من العدوى الميكروبية للهواتف الذكية. الجزيئات التي أظهرت أكبر فعالية : كلوريد ديكلوكونات (le chlorure de digluconate)، تريكلوسان (triclosan)، كلوريد بانزالكونيوم (le chlorure de banzalkonium) و كحول ذو 70 درجة (alcool 70°) الذي يبدو أنه الوسيلة الأبسط، الأسرع، الغير مكلف والأكثر كفاءة.

الكلمات المفتاحية : هاتف ذكي، عدوى ميكروبية، بكتيريا، فطريات، تعقيم، نظافة.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Département de Microbiologie- Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, UFMC
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : *Biologie moléculaire des microorganismes*

Titre

Evaluation de la contamination microbienne des smartphones et l'efficacité des techniques courantes de désinfection

Résumé

Cette étude a un objectif principal et un objectif secondaire ; le premier est d'évaluer la contamination microbienne des smartphones et d'isoler les microorganismes croissant sur leurs surfaces, le deuxième est de tester l'efficacité de deux techniques courantes de désinfection de ces appareils.

Dans un premier temps, des prélèvements microbiologiques devraient être effectués sur une quinzaine de smartphones en utilisant deux techniques : l'écouvillonnage et la technique du papier collant. Ces prélèvements devraient être faits avant et après nettoyage des smartphones par : 1-des lingettes, 2-l'alcool 70° sur trois zones du smartphone : surface, coquille et bordures. En deuxième lieu, l'ensemencement des échantillons et l'incubation des milieux de culture (LB et Sabouraud) devraient être réalisés afin de procéder premièrement au comptage de colonies bactériennes et fongiques et deuxièmement à la purification des cultures par repiquage. Ensuite, des examens macroscopiques et microscopiques ainsi que des tests biochimiques devraient être effectués pour l'identification des isolats bactériens et fongiques.

A cause de la pandémie due au coronavirus Covid-19 et l'impossibilité de la réalisation de ce travail, nous avons rapporté les résultats de travaux similaires déjà publiés. Ces derniers suggèrent que les smartphones sont un abri idéal qui favorise la croissance des microorganismes dont la majorité sont des bactéries que l'on trouve normalement sur la peau et d'autres proviennent de l'environnement. Les bactéries les plus communément isolées sont des staphylocoques (famille des Staphylococcaceae), des streptocoques (famille des Streptococcaceae), des entérobactéries (famille des Enterobacteriaceae), des corynébactéries (famille des Corynebacteriaceae), des bacillus (famille des Bacillaceae), et des pseudomonas (famille des Pseudomonadaceae). Les champignons sont représentés par les genres suivants : *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor* et *Candida*. Ces microorganismes peuvent être très dangereux et causent des maladies infectieuses aussi bien dans la société que dans le milieu hospitalier. Pour cela plusieurs études ont été faites dans le but de tester des molécules qui peuvent contribuer à la réduction de la contamination microbienne des smartphones. Les plus efficaces sont entre autres : le chlorure de digluconate, le triclosan, le chlorure de benzalkonium et l'alcool 70°. Ce dernier semble le moyen le plus simple, rapide, efficace et économique.

Mot clés : smartphone, contamination microbienne, bactéries, champignons, désinfection, hygiène

Membres du jury :

Président du jury : KADEM Dhaou El Djabine (Prof.- UFM Constantine).

Rapporteur : HADDI Mohamed-Laid (Prof.- UFM Constantine).

Examinatrice : OULMI Lamia (Docteur.- UFM Constantine)

**Présenté par : BOUABDALLAH Rania
OUMAMAR Fedoua**

Année universitaire : 2019 -2020