

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة عين تموشنت – بلحاج بوشعيب

Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib

Faculté science et technologie

Département Science de la matière



Projet de Fin d'Etudes

Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275

"Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention"

Un diplôme de Master en Chimie Macromoléculaire

Sciences de la matière Filière

Chimie macromoléculaire

Peinture antibactérienne
PROTECTION ET santé POUR vos SURFACES

Présenté par :

Mlle HASSNI Fatima Zahra

Mr AISSA KORIDAK Welid

Devant le jury compose de :

Mr BAHRAM KEDDOUR	'A	U.Ain Témouchent	Président
Mr KIBOU Zahira		U.Ain Témouchent	Examinateur
Mme BAILICHE Zohra	'A	U.Ain Témouchent	Encadrante
Mr Abdelkader Nebatti	'A	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant
Mr BENNABI Farid	'A	U.Ain Témouchent	Co-Encadrant
Mme MAROUF Hafida	'A	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mme Fatmi FRID Siham		Maison d'environnement	Partenaire socioéconomique
Mme Charef Fadila		ENAP-ENTREPRISE NATIONALE DES PEINTURES - ORAN	Partenaire socioéconomique
Mme Chaoui Siham		Direction d'industrie	Partenaire socioéconomique
Mr SNOUSI Mouhamed		Direction du commerce	Partenaire socioéconomique
Melle SIBOUAZZA Imane		U.Ain Témouchent	Représentante du CATI

Année Universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

On tiens à remercier mes encadreurs Mme **BAILLICHE Zohra** et Mr **NEBATTI Abdelkader** et Mr **BENABI Farid** pour leur disponibilité, leurs rétroactions enrichissantes et orientations et leur contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Je souhaite également remercier mes professeurs du département du SM, pour leurs conseils avisés et leur écoute, qui ont été prépondérants pour la bonne réussite de ce travail.

Je tiens à remercier l'équipe de l'incubateur pour leur aide afin de réaliser les ce projet.

J'exprime ma vive reconnaissance à Monsieur **K. BAHRAM**, Maitre de conférences à l'université BELHADJ BOUCHAIB A.T, pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.

Je tiens à remercier vivement Madame **Z. KIBOU**, Professeur à l'Université BELHADJ BOUCHAIB A.T, d'avoir accepté de juger ce manuscrit.

Mes vifs remerciements vont également à Madame **H.Maarouf**, Maitre de conférences l'université BELHADJ BOUCHAIB A.T , représentant de l'incubateur .

Enfin, j'adresse mes remerciements à toute la promotion de M2 CM , pour leurs aides et leur gentillesse, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

DÉDICACE

On dédie ce modeste travail à:

A notre parents , qui nous encouragé à aller de l'avant et qui nous ont donné tout leur amour pour continuer notre études.

A nos frères

A nos chères sœurs

A nos neveux et mes nièces.

A nos collègues. Surtouts la promotion 2022/2023CM

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ZnO : Oxyde de Zinc.

Ag : Argent.

Cu : Cuivre.

ZnC₄H₆O₄ : L'acétate de zinc.

SBA-15 : Synthèse et caractérisation de silices mésoporeuses hydrophobes à porosité contrôlée.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : Niveau de résistance des microorganismes.

Figure I.2 : Mécanismes de la résistance bactérienne aux désinfectants.

Figure I.3 : Illustration de la résistance bactérienne aux antibiotiques. [40]

Figure I.4 : Prévalence des principaux sites d'infections nosocomiales.

Chapitre II

Figure II.1 : La composition schématique d'une peinture.

Figure II.2 : Différentes étapes de la fabrication d'une peinture.

Chapitre III

Figure III.1 : Appréhender le nanomètre

Figure III.2: Gamme de tailles des nanoparticules comparée à celle des principales structures [10]

Figure III.3: Domaines d'applications des nanoparticules [17]

Figure III.4 : Types des nanoparticules selon leurs dimensions [20]

Figure III.5 : Approches physique/chimique d'élaborations des nanoparticules [63]

Figure III.6 : Les principales voies de synthèse des nanoparticules [65]

Figure III.7 : Principe général des méthodes de caractérisation de surface

Figure III.8 : Protocole de préparation de matériaux de type SBA-15.

Figure III.9: Protocole de synthèse des matériaux Ag/SBA-15(n) par voie post-synthétique.

Figure III.10 : Produit finale de matériaux Ag/SBA-15.

Figure III.11 : Schéma du processus de synthèse des NP CuO et Cu₂O par la méthode sol-gel

Figure III.12: Protocole de synthèse des matériaux Ag/SBA-15(n) par voie post-synthétique.

Figure III.13 : Oxyde de zinc massif sous forme naturelle (a, b)[58].

Figure III.14: illustration schématique de la voie de synthèse du ZnO /SBA15

Figure III.15 : Hypothèses concernant la pénétration des nanoparticules dans les bactéries [7].

Figure III.16: Site d'action des ions Ag⁺ sur les cellules bactériennes [76].

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II

Tableau II.1 : les pigments minéraux.

Chapitre III

Tableau III.1 : Classification des nanoparticules en fonction de leur composition chimique [21]

SOMMAIRE

Introduction Générale

Les infections bactériennes restent une cause majeure de morbidité et de mortalité. L'inquiétude croissante concernant les souches bactériennes multirésistantes et les infections associées aux biofilms appelle à la mise au point de moyens bactéricides supplémentaires. Par conséquent, une attention particulière est portée aux matériaux nouveaux et émergents à base de nanoparticules dans le domaine de la chimiothérapie antimicrobienne. Les bactéries se retrouvent naturellement dans les milieux cliniques et industriels en association avec les surfaces. Bien que les recherches microbiologiques modernes se concentrent principalement sur des bactéries planctoniques en culture pure, il est maintenant généralement reconnu que la plupart des bactéries vivent dans des communautés microbiennes, souvent composées de multiples espèces interagissant entre elles et avec leur environnement. La contamination bactérienne de la surface, l'adhésion, la persistance et la colonisation des surfaces par des bactéries, est de plus en plus reconnue comme étant néfaste pour la santé [1].

Les maladies infectieuses associées aux biofilms représentent plus de 80% des infections microbiennes dans l'organisme, entraînant une augmentation de la morbidité des patients et la prise en charge hospitalière/ médicale [2,3].

L'avancée dans le domaine des nanobiotechnologies, en particulier la capacité à préparer des nanomatériaux à base d'oxyde métalliques de taille et de forme spécifiques, sont susceptibles de conduire au développement de nouveaux agents antibactériens. Les activités fonctionnelles des nanoparticules sont influencées en grande partie par leurs tailles [4-7].

Par conséquent, les nanoparticules sont intéressantes en raison de leurs propriétés biologiques physiques, chimiques uniques dans divers champs, y compris la médecine. Les propriétés des nanoparticules peuvent facilement être modifiées par la réduction ou le changement de leur taille. L'utilisation de matériaux inorganiques à l'échelle nanométrique est importante en raison de leur stabilité chimique et thermique, mais également l'existence de phénomènes intéressants tels qu'une augmentation remarquable du rapport surfacevolume, un changement important de l'énergie de surface et des effets de confinement quantique se produisent lorsque les oxydes métalliques sont réduits à la dimension nanométrique [8-12].

Ces phénomènes résultent en une variété de nouvelles propriétés physiques et chimiques qui ne sont pas réalisables pour des matériaux ayant une dimensionnalité globale. De même, l'adaptation des matériaux au niveau atomique afin d'atteindre des propriétés uniques a été largement rapportée. Ces propriétés nanométriques, des particules organiques et inorganiques sont utilisées dans la recherche biomédicale, tels que les oxydes métalliques de zinc, de cuivre et de fer. En outre, les nanoparticules ont démontré une bonne activité antimicrobienne [10]. Cette dernière a été largement étudiée avec des bactéries pathogènes telles que *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* [12,13].

De plus, ces germes semblent être très sensibles aux nanoparticules de ZnO et CuO [13,14].

L'activité bactéricide de ces nanoparticules dépend de plusieurs facteurs ; la taille, la stabilité et la concentration dans le milieu de croissance. Il y a inhibition de la croissance des populations bactériennes par des interactions spécifiques, lors de la croissance des bactéries en milieu modifié avec des nanoparticules. En général, la taille des cellules bactériennes est comprise dans la gamme du micromètre, tandis que ses membranes cellulaires externes, eux, ont des pores dans la gamme nanométrique. Puisque les nanoparticules peuvent avoir une taille plus petite que celle des pores bactériens, ils auront une capacité unique de traverser la membrane cellulaire. L'effet bactéricide peut également être lié à la génération d'espèce réactive d'oxygène (ROS). Le défi aujourd'hui, réside en la préparation de nanomatériaux d'oxyde métallique assez stable pour restreindre la croissance bactérienne de manière significative en milieu nutritif.

Les principaux désinfectants actuellement utilisés affectent généralement trois cibles bactériennes : la synthèse de la paroi cellulaire, la machinerie traductionnelle et la réplication de l'ADN. Malheureusement, une résistance bactérienne peut se développer contre chacun de ces modes d'action. Les mécanismes de résistance comprennent des enzymes qui modifient ou dégradent les agents antibactériens, telles que les lactamases et les aminosides, la modification de composants cellulaires tels que des éléments de la paroi cellulaire comme l'indique la résistance à la vancomycine et les ribosomes pour la résistance aux tétracyclines et enfin les pompes à efflux fournissant une résistance à de multiples biocides [15,16+]. Puisque le mode d'action des nanoparticules est principalement par contact direct avec la paroi cellulaire bactérienne, sans qu'il soit nécessaire de pénétrer dans les cellules, la plupart des mécanismes de résistance observés avec les antibiotiques par exemple, n'ont aucune pertinence. Cela laisse espérer que les nanoparticules seraient moins susceptibles que les antibiotiques de promouvoir des bactéries résistantes.

Ce travail vise à élaborer des nanoparticules d'oxydes métalliques sous forme de colloïdes et sous forme de couches minces afin d'évaluer leur activité antibactérienne. Le but est l'utilisation de ces nanomatériaux pour la décontamination de surfaces notamment dans le milieu hospitalier.

Après l'introduction générale, le premier chapitre présentera une étude bibliographique introduisant le contexte actuel sur les infections nosocomiales liées à la résistance bactérienne, ainsi que l'état de l'art de l'activité antibactérienne des nanoparticules d'oxydes métalliques et leurs principaux mécanismes d'actions. Puis une revue de littérature sur la méthode sol-gel, ses mécanismes réactionnels et les paramètres influençant les réactions.

Le second chapitre est dédié à la description dans une première partie du système biologique étudié : les différentes souches bactériennes utilisées, leurs conditions de conservations et de croissance. Dans une seconde partie, il développe les principales méthodes d'étude de l'activité antibactérienne utilisé lors de ce travail, ainsi que la description des différentes techniques de caractérisation des nanomatériaux en suspension colloïdales ou en couches minces. Il s'agit des techniques d'analyses microscopiques, spectroscopiques, structurale et thermique.

Le troisième chapitre est consacré à l'élaboration des nanoparticules et les nanocouches de ZnO, CuO et Ag NPs. De même, les résultats de caractérisation de ces produits par les différentes techniques exposées dans le chapitre 2, seront présentés dans ce chapitre.

Le quatrième est dernier chapitre englobe les résultats obtenus sur l'étude de l'activité antibactérienne pour les trois oxydes métalliques choisis. Cette étude est réalisée à différentes concentrations en nanoparticules. Une analyse portant sur l'effet cytotoxique de ces nanoparticules est également présentée. Enfin, la conclusion générale de ce manuscrit apporte un récapitulatif global sur l'ensemble des résultats obtenus dans cette étude, et dégage les principales perspectives ouvertes par nos aboutissements.

Références

- [1] M.E. Davey and G. A. O'Toole, « Microbial biofilms: from ecology to molecular genetics », *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 64, no. 4, pp 847-867, 2000.
- [2] L. Hall-Stoodley, J. W. Costerton, and P. Stoodley, « Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases », *Nature Reviews Microbiology*, vol. 2, no. 2, pp. 95-108, 2004.
- [3] P. Watnick and R. Kolter, « Biofilm, city of microbes », *Journal of Bacteriology*, vol. 182, no. 10, pp. 2675-2679, 2000.
- [4] Baek Y.-W., An Y.-J. Microbial toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, NiO, ZnO, and Sb₂O₃) to *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*. *The Science of the Total Environment*. 2011;409(8):1603–1608
- [5] A.-P. Magiorakos, A. Srinivasan, R. B. Carey et al., « Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance, » *Clinical Microbiology and Infection*, vol. 18, no. 3, pp. 268–281, 2012.
- [6] Horan TC, Gaynes RP. Surveillance of nosocomial infections. In: Mayhall CG, editor. « Hospital epidemiology and infection control », Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; . pp. 1659–702, 2004.
- [7] Grohskopf LA, Sinkowitz-Cochran RL, Garrett DO, Sohn AH, Levine GL, Siegel JD, et al. « A national point-prevalence survey of pediatric intensive care unit-acquired infections in the United States », *J Pediatr*. 140:432–8, 2002.
- [8] Rosi NL, Mirkin CA. Nanostructures in biodiagnostics. *Chem Rev*. 2005; 105:1547-1562.
- [10] Raghupati KR, KOOdali RT, Manna AC. Size-dependent bacterial growth inhibition and mechanism of antibacterial activity of zinc oxide nanoparticles. *Langmuir*. 2011; 27: 4020- 4028.
- [11] Lewis K, KlibanovAM. Surpassing nature: rational design of sterile-surface materials. *Trends Biotechnol*. 2005; 23:343-348. 147
- [12] Azam A, Ahmed AS, Oves M, Khan MS, Memic A. Size-dependent antimicrobial properties of CuO nanoparticles against Gram-positive and –negative bacterial strains. *Int J Nanomedicine*. 2012; 7:3527-3535.
- [13] Tran N, Mir A, Mallik D, Sinha A, Nayar S, Webster TJ. Bactericidal effects on iron oxide nanoparticles on *Staphylococcus aureus*. *Int J Nanomedicine*. 2010; 5:277-283.
- [14] Mahapatra O, Bhagat M, Gopalakrishnan C, Arunachalam KD. Ultrafine dispersed CuO nanoparticles and their antibacterial activity. *J ExpNanosci*. 2008;3: 185-193.

Chapitre I :

Etude bibliographique

I. Contexte clinique

Les infections bactériennes sont une cause majeure d'infections chroniques et de mortalité. Les antiseptiques et les désinfectants (biocides) sont largement utilisés pour contrôler les infections en milieu hospitalier. Leur activité dépend de plusieurs facteurs ; la concentration, le temps du contact, le pH, la température, le type, la nature et le nombre de microorganismes à inactiver.

Les réactions des bactéries aux antiseptiques et aux désinfectants varient considérablement. Les spores bactériennes sont les moins sensibles comme le montre la figure 1, suivies par les mycobactéries, puis par les bactéries à Gram négatif, notamment les Pseudomonaceae. Les cocci à Gram positif, y compris les staphylocoques résistants aux antibiotiques, sont facilement inactivés par les désinfectants.

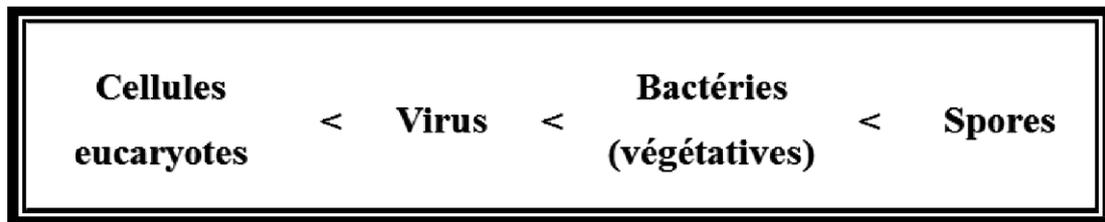


Figure I.1: Niveau de résistance des microorganismes

Les méthodes employées à ce jour pour décontaminer les surfaces de l'équipement médical font appel à des produits chimiques hautement toxiques et aux hautes températures. Elles présentent cependant de sérieux inconvénients.

Pour se débarrasser d'un agent pathogène en utilisant des produits chimiques hautement toxiques, on nettoie et désinfecte les instruments dans des mélanges chimiques durant environ une minute. Les instruments sont ensuite rincés dans de l'eau distillée pendant environ une heure pour éliminer les traces des produits toxiques. Il s'agit d'un traitement très long, qui consomme non seulement beaucoup d'énergie, mais qui produit également des quantités de déchets, puisqu'il faut ensuite éliminer les produits chimiques.

Dans les procédures faisant intervenir de hautes températures, il peut arriver que les instruments ou équipements médicaux soient endommagés. Les polymères comme ceux que

l'on trouve dans les implants ne peuvent être exposés à une chaleur importante ni à des produits chimiques toxiques et agressifs, car le plastique se dissoudrait.

Comme les matériaux utilisés pour la fabrication de dispositifs médicaux sont de plus en plus sensibles à la chaleur, il n'est pas possible d'utiliser une seule méthode de stérilisation pour tous les matériaux et toutes les applications. En parallèle, les formes complexes des objets à stériliser, comme par exemple des indentations ou des ouvertures étroites, exigent des méthodes qui agissent efficacement dans tous les recoins.

II. Résistance des bactéries

La résistance antimicrobienne est un terme plus large englobant la résistance aux biocides qui traitent les agents pathogènes, tels que les parasites (le paludisme ou les helminthes), les virus (le VIH) et les champignons (Candida). La résistance est souvent intrinsèque, mais elle peut être acquise par mutation ou par acquisition d'éléments génétiques. La rotation des désinfectants est pratiquée dans plusieurs hôpitaux, mais le problème reste controversé, même si les isolats hospitaliers sont souvent plus résistants aux biocides que les souches de laboratoire ou « standard ».

Les bactéries ont la capacité de s'adapter rapidement aux nouvelles conditions environnementales et peuvent survivre à l'exposition aux antimicrobiens en utilisant une batterie de mécanismes de résistance. La fréquence de la résistance antimicrobienne chez les bactéries a augmenté parallèlement à l'utilisation croissante de composés antimicrobiens. Des prescriptions erronées, les faibles processus de prévention et de contrôle des infections encouragent également le développement et la propagation de la pharmacorésistance. La résistance bactérienne à différents types de biocides n'a été rapportée et est caractérisée que relativement récemment par rapport à la résistance aux antibiotiques [17,18].

Dans le secteur de la santé, la résistance bactérienne aux biocides a longtemps été rapportée avec des composés tels que la chlorhexidine, les composés d'ammonium quaternaire, le bisphénol, le triclosan, l'iodophore, les parabènes et des biocides plus réactifs tels que le glutaraldéhyde et les peroxygènes [19].

Dans une étude récente, Smith et Hunter ont rapporté que, bien que les biocides puissent être efficaces contre des populations de bactéries planctoniques, tels que *Staphylococcus aureus* (SARM) résistant à la méticilline et *Pseudomonas aeruginosa*, certains biocides actuellement utilisés dans les hôpitaux sont inefficaces contre les pathogènes nosocomiaux se développant sous forme de biofilms et empêchent ainsi de contrôler ce réservoir d'infections nosocomiales.

Cependant, la plupart des preuves de la résistance bactérienne aux biocides proviennent d'expériences menées en laboratoire, qui ont étudié un large éventail d'agents tels que : les biocides cationiques, les isothiazolones, les composés phénoliques, le peroxyde d'hydrogène, l'acide peracétique et d'autres composé [20-23].

Les mécanismes de résistance ont été définis de manière empirique comme intrinsèques ou acquises. La résistance intrinsèque est une propriété naturelle d'un microorganisme et elle a été décrite dans la littérature [19,24-26]. Elle englobe les propriétés de la paroi cellulaire chez les mycobactéries [27,28] et la membrane externe des bactéries à Gram négatif qui agissent comme une barrière d'imperméabilité [29-31]. Même le peptidoglycane de la paroi cellulaire peut servir de barrière à certaines bactéries à Gram négatif telles que *Klebsiella aerogenes*, *Proteus mirabilis* et *Pseudomonas aeruginosa* [26]. La perte ou l'altération de porines peut entraver la diffusion des biocides à travers l'enveloppe de la cellule [32,33]. L'hydrophobie globale des cellules est une propriété importante de la cellule bactérienne et l'altération de cette hydrophobicité de surface altère la réponse bactérienne aux biocides [34]. Il est également apparu récemment que le potentiel de charge à la surface des cellules, notamment le point isoélectrique, pouvait être impliqué dans la résistance bactérienne observée avec la réponse des mutants de *P.aeruginosa* à l'ammonium quaternaire [35]. La dégradation du biocide et la présence de système de flux sont d'autres mécanismes intrinsèques. Il est peu probable que la concentration de biocides soit utilisée, bien qu'ils soient plus probablement impliqués dans les mécanismes de stratégie de survie globale disponibles pour les bactéries résistantes. En effet, il est de plus en plus évident qu'une combinaison de mécanismes permet la survie des bactéries. Par exemple, Gomez Escalada et al. [36] ont observé qu'une combinaison d'imperméabilité à la membrane et d'efflux était probablement responsable de la résistance accrue des isolats d'*Escherichia coli* au triclosan.

La résistance acquise est l'acquisition d'une nouvelle propriété par les microorganismes, par mutation, mais également par transfert de gènes conférant une résistance (comme le flux et la dégradation) [37-39]. Une telle résistance acquise pourrait ne pas être stable [19,26]. Les définitions de la résistance intrinsèque et acquise ne sont pas toujours claires, à moins que le mécanisme de résistance ne soit génétiquement identifié, il est difficile de déterminer si la résistance bactérienne est acquise ou non. L'ensemble des mécanismes de résistance des bactéries aux désinfectants sont représenté dans la figure 2.

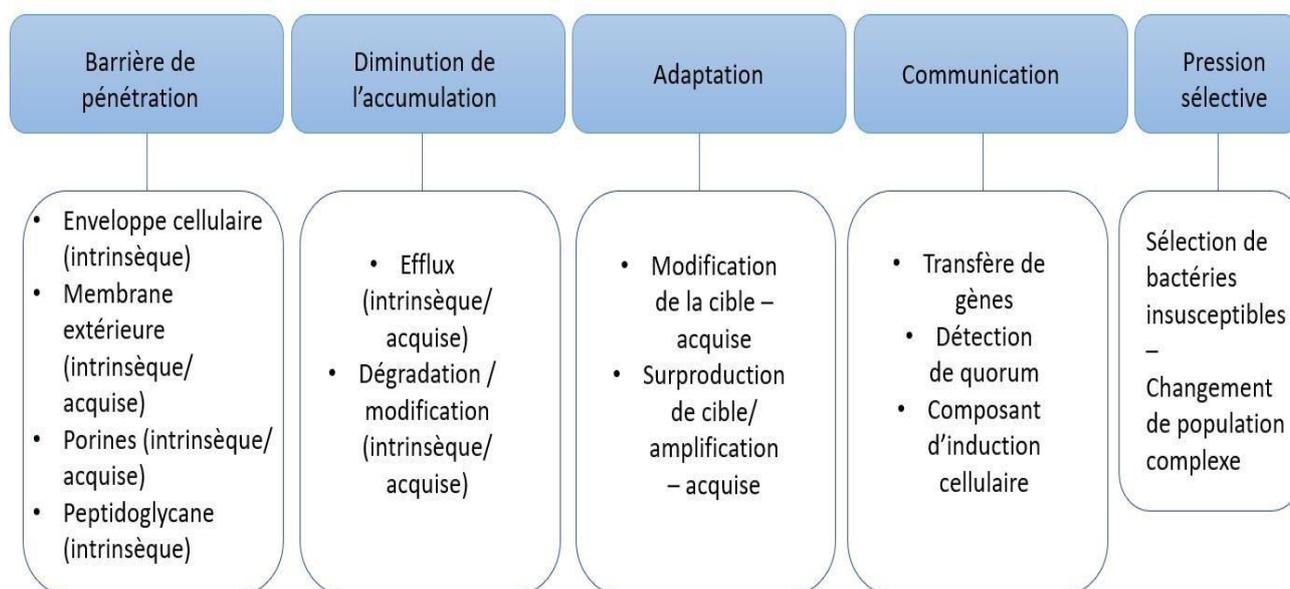


Figure I.2 : Mécanismes de la résistance bactérienne aux désinfectants

L'illustration de cellules bactériennes devenant résistantes aux antibiotiques est présentée en figure 3. Cette résistance est acquise à partir du plasmide d'une cellule donneuse (unité circulaire de l'acide désoxyribonucléique, ADN), qui présente une résistance en haut à gauche (rouge / jaune, le rouge étant une résistance). La transmission virale implique qu'un virus (rose, en bas à gauche) obtient un gène résistant et le transmette à une cellule bactérienne qui l'intègre dans son plasmide. Les cellules bactériennes acquièrent également des segments d'ADN libérés par les cellules mortes (en haut à gauche). Des mutations peuvent également se produire, engendrant une résistance aux antibiotiques et permettre ainsi à la bactérie de survivre et de se reproduire.

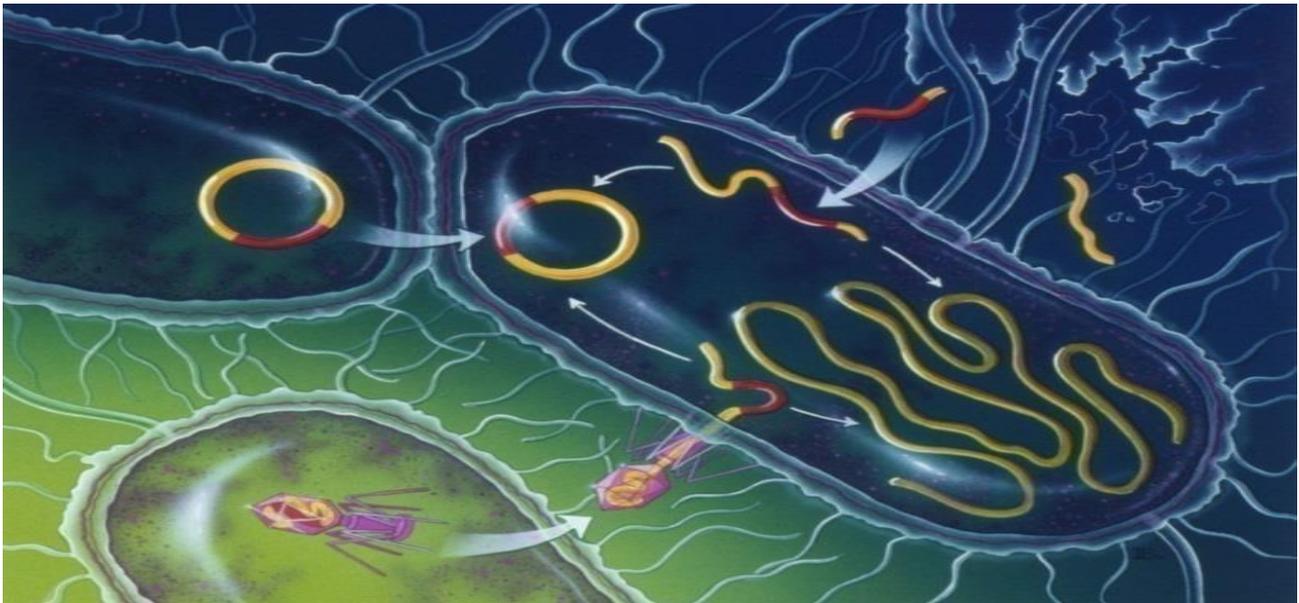


Figure I.3: Illustration de la résistance bactérienne aux antibiotiques [40]

III. Infections nosocomiales

Les infections nosocomiales ou liées aux soins de santé apparaissent chez un patient sous soins médicaux à l'hôpital ou dans un autre établissement de soins et qui était absent au moment de l'admission [41]. Ces infections peuvent survenir au cours de la prestation de soins de santé pour d'autres maladies et même après le congé des patients. En outre, ils comprennent des infections professionnelles parmi le personnel médical. Les dispositifs invasifs tels que les cathéters et les ventilateurs utilisés dans les soins de santé modernes sont associés à ces infections. Sur cent patients hospitalisés, sept dans les pays développés et dix dans les pays en développement peuvent contracter l'une des infections associées aux soins de santé. Les populations en cause sont les patients des unités de soins intensifs (ICU), des unités de brûlures, des greffes d'organes et des nouveau-nés. Selon la prévalence étendue de l'infection dans l'étude de soins intensifs, la proportion de patients infectés au sein de l'institut atteint souvent 51%. D'après des études approfondies menées aux États-Unis et en Europe, la densité d'incidence des infections nosocomiales variait de 13 à 20,3 épisodes par millier de jours-patients. L'augmentation du nombre d'infections entraîne une augmentation des séjours prolongés à l'hôpital, une invalidité de longue durée, une résistance accrue aux antimicrobiens, une perturbation socioéconomique et un taux de mortalité important. Il existe des informations de réserve sur le fardeau des infections

nosocomiales en raison de systèmes de surveillance peu développés et de méthodes de contrôle inexistantes. Par exemple, lors du traitement d'autres maladies, de nombreux patients contractent probablement des infections respiratoires et il devient difficile de détecter la prévalence de toute infection nosocomiale dans le prolongement d'un établissement de soins primaires. Ces infections ne sont remarquées que lorsqu'elles deviennent épidémiques. Pourtant, aucune institution ni aucun pays

ne peut prétendre avoir résolu ce problème endémique [42-44].

Les types d'infections les plus fréquents comprennent les infections de la circulation sanguine associées à la ligne centrale, les infections des voies urinaires associées au cathéter, les infections du site opératoire et la pneumonie associée à la ventilation. Les agents pathogènes responsables des infections nosocomiales sont les bactéries, les virus et les champignons microscopiques. Ces microorganismes varient en fonction de la population de patients, des installations médicales et même de l'environnement dans lequel les soins sont prodigués.

Les bactéries sont les agents pathogènes les plus courants responsables d'infections nosocomiales. Certains appartiennent à la flore naturelle du patient et ne provoquent une infection que lorsqu'il est immunodéprimé. *Clostridium difficile* provoque une inflammation du côlon, entraînant une diarrhée et une colite associées aux antibiotiques, principalement en raison de l'élimination des bactéries bénéfiques et des bactéries pathogènes. Les Enterobacteriaceae (résistants au carbapénème) provoquent des infections par translocation depuis l'intestin ; où il se trouve habituellement. Les entérobactéries contiennent des espèces de *Klebsiella* sp et *Escherichia coli*. Leurs résistances élevées au carbapénème rendent la défense contre eux plus difficile. *S.aureus* résistant à la méticilline (SARM) se transmet par contact direct, plaies ouvertes et mains contaminées. Il provoque une septicémie, une pneumonie et une ISO (infection du site opératoire) en se déplaçant entre les organes ou de la circulation sanguine. Il est très résistant à la famille des antibiotiques appelés bêtalactamines [45,46]. La répartition des infections nosocomiales ainsi que le pourcentage de surfaces contaminées sont chiffrées dans la figure 4.

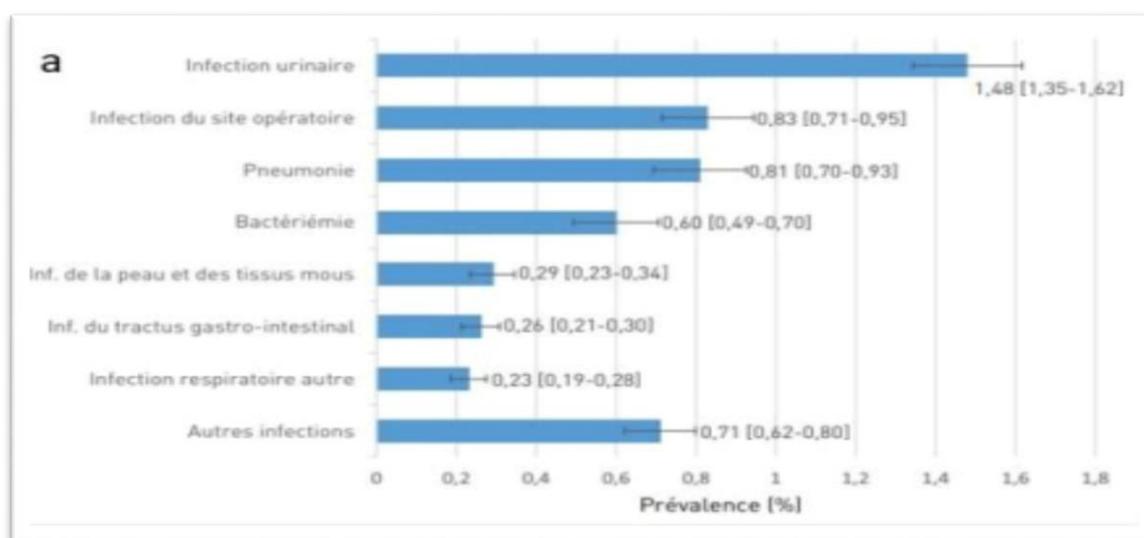


Figure I.4 : Prévalence des principaux sites d'infections nosocomiales

Chapitre II

Généralités

sur les peintures

I. Définition de la peinture

On peut affirmer que la peinture est arrivée à être considérée dans nos pays comme quelque chose de si commun et courant que peu de personnes pourraient se rendre compte de ce qu'elle représente. Excepté quelques matériaux nobles comme l'or, marbre, tous les supports doivent être revêtus d'un film de peinture dont le but soit de les protéger contre différentes agressions, soit de les rendre plus décoratifs, soit enfin d'assurer une fonction technique telle que par exemple réfléchir la lumière dans le cas de dispositifs lumineux.[1]

on peut définir aussi la peinture comme un mélange de particules solides finement Prédispersées dans un liant, généralement un polymère synthétique, dispersé ou dilué dans un liquide. Lorsqu'elle est appliquée sur un substrat, le liquide s'évapore, ce qui entraîne l'interpénétration des chaînes polymères, créant de plus en plus d'interactions entre elles et piégeant les charges intégrées dans la formulation initiale (pigment et autres additifs). Pour l'utiliser, la peinture est une surface caractérisée par:

- La couleur est le principal critère esthétique.
- L'opacité est liée à la présence de pigments, le vernis n'a pas d'opacité car il ne contient pas de pigment.
- L'aspect cette surface se comporte de différentes façons avec la lumière, elle peut être Brillante (la surface réfléchit la lumière), Mate ou Satinée (la surface diffuse la lumière).

II. Composition de la peinture

Quel que soit les différents types de peinture on peut dégager le schéma d'une composition Générale, une peinture est un mélange complexe de matières premières suivantes: Les polymères (résines ou liants), les solvants (ou diluants à l'exception des peintures poudres et des peintures sans solvant), les pigments, les charges et les additifs.[1]

1. Les liants.

Huile ou résine, c'est un polymère (corps chimique formé par polymérisation) qui peut être liquide ou solide et dans ce cas, il est utilisé soit dissous dans un solvant, soit dispersion Dans l'eau. Le liant est également appelé "Résine". Le pourcentage de résine utilisé définira l'aspect de la peinture (brillant, mat, satiné) ainsi que sa résistance et sa durabilité.

Partie non volatile de la phase liquide, jouant le rôle d'adhésif pour les particules du pigment, de façon suffisamment résistante après séchage. C'est lui qui a la faculté de passer de l'état liquide (peinture) à l'état solide (pellicule sèche de peinture).[2]

Les plus utilisés aujourd'hui sont: les résines glycérophtaliques (alkydes) grâce à leurs avantages (moins de peau, moins de siccatif, moins de jaunissement et Trebon arrondi du film de peinture).[3]

2. Les pigments

Ce sont des substances minérales ou organiques, généralement sous forme de fines particules

insolubles dans le milieu de suspension (liant et solvant). Ils sont utilisés pour leurs propriétés optiques, protectrices et décoratives.

Les pigments sont classés comme suit :

2.1. Les pigments minéraux : Ces pigments sont utilisés tous les types de peintures.[4]

Tableau II.1 : les pigments minéraux

NOM	FORMULE
BLANC	
dioxyde de titane	TiO ₂
Oxyde de zinc	ZnO
BLEU	
Bleu de cobalt	(Co) _m (Al ₂ O ₃) _n
Bleu outremer	S Al Na
VERT	
Oxyde de chrome	Cr ₂ O ₃
Oxyde de chrome hydrate	Cr ₂ O ₃ .nH ₂ O
vert de chrome	Cr ₂ O ₃
JAUNE	
Oxyde de fer	Fe ₂ O ₃
Chromate de plomb	PbCrO ₄
Jaune de zinc	4ZnO, 4CrO ₃ , K ₂ O, 3H ₂ O
ORANGE	
Orange de chrome	XPbCrO ₄ , YPbO
ROUGE	
Rouge de cadmium	CdS, CdSe
Oxyde de fer	Fe ₂ O ₃

2.2. Les pigments organiques: Il existe plusieurs centaines de formules chimiques. Les composés les plus utilisés en peinture sont:[5]

- ❖ Le diasozine : violet.
- ❖ Mono azoïque de la série des naphtols : rouge.
- ❖ Diazoïque : jaune organique.

3. Les solvants

Dans l'industrie de la peinture, le diluant désigne le mélange de solvants qui est ajouté à la peinture concentrée et qui permet d'obtenir la peinture prête à l'emploi. Classe les solvants en trois catégories :

- Solvants légers: Point d'ébullition inférieure à 100.
- Solvants moyens: Point d'ébullition inférieure à 130.
- Solvants lourds: Points d'ébullition supérieure à 130.

Chimiquement on distingue plusieurs familles de solvants: alcools, esters, cétones, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.[6]

➤ **Dans le groupe des alcools, on rencontre :**

Alcools éthylique et isopropyliques dénaturés (légers), Butanol (moyen), Les glycols(alcools lourds).

➤ **Dans le groupe des esters :**

Acétate d'éthyle (très léger), Acétate de butyle (moyen), Acétate d'éthyle glycol (lourd).

➤ **Dans le groupe des cétones :**

Acétone (très léger), Méthyléthylcétone (léger), Méthylisobutylcétone (moyen).

➤ **Dans le groupe des hydrocarbures aromatiques :**

Toluène (léger), Xylène (moyen),Solvants naphta (lourds).

➤ **Dans le groupe des hydrocarbures aliphatiques :**

White spirite à moins de 5% d'aromatiques et à 18% d'aromatiques,Essence de térébenthine, Solvants chlorés (trichloréthylène, perchloréthylène...).

4. Les additifs ou les adjuvants

Ce sont des substances de diverses natures chimiques incorporées dans les peintures pour Développer certaines propriétés spécifiques. Il existe des additifs pour séchage, pour l'antinuancage, et des additives thixotropies.

On peut distinguer selon le rôle des additifs les différents types suivants:

- ✓ **Les siccatifs:** Ce sont des accélérateurs de séchage pour les peintures qui sèchent peroxydation (le séchage à l'air).
- ✓ **Les agents anti-peaux:** Ce sont des adjuvants susceptibles de ralentir ou empêcher la formation des peaux à la surface des peintures au contact de l'air.
- ✓ **Les agents anti-mousses:** Ce sont des adjuvants susceptibles de diminuer ou d'éviter la formation des mousses intempêtes soit en cours de fabrication, soit au cours de l'application.

- ✓ **Les agents mouillants:** Ce sont des adjuvants qui confèrent aux peintures la propriété de mouiller plus facilement la surface peindre.
- ✓ **Les agents fongicides :** et bactéricides Ce sont des adjuvants susceptibles de réduire ou d'empêcher l'attaque des peintures (liquides ou sous forme de film sec) par champignons.
- ✓ **Les agents divers:** Dispersants, émulsionnants, épaississants, stabilisants, ...etc.[7]

5. Les charges:

Une charge est également un produit pulvérulent insoluble dans le milieu de dispersion mais possédant un pouvoir opacifiant négligeable, elle est naturelle, généralement blanche, ou légèrement grisâtre ou jaunâtre.

Il s'agit des carbonates tels que le carbonate de calcium. Des sulfates comme le sulfate de Baryum, des silicates comme le talc qui est un silicate de magnésium.[8]

COMPOSITION SCHEMATIQUE D'UNE PEINTURE



Figure II.1 : La composition schématique d'une peinture

III. Types de peintures

Sur le marché de la peinture, si d'autres types de peintures, comme des peintures à l'eau, existaient déjà, leur développement n'était pas favorisé compte tenu de la facilité d'utiliser les solvants.

Mais la pression imposée par ces nouvelles réglementations a contraint les fabricants à développer de nouveaux types de produits comme:

1. Les peintures à l'eau: Ou la base est constituée de liants solubles dans l'eau, ou de système colloïdaux ou de dispersions aqueuses de polymère et des quantités variables de co-solvant suivant les systèmes.[9]

2. Les peintures à haut extrait sec: Qui sont composées de très faibles quantités de solvant ou de co-solvant (20% et 30%).[9]

3. Les peintures poudres: Qui ne contiennent aucun solvant.

Pour pouvoir comparer ces différents types de peinture, il faut considérer les aspects Techniques (en terme de spécificité d'installations), de coût énergétique du solvant et/ou formation du film de peinture), de quantité de produit (obtention d'un film homogène), de coût de composition (additifs spécifiques), et en film d'impact environnemental notamment sur la présence de solvants résiduels.

Pour les différencier rapidement, les peintures à haut extrait sec, n'ont pas permis d'avancées technologiques rapides. Elles sont donc un peu délaissées au profit des deux autres produits.

Les peintures à l'eau semblent avantagées, car elles peuvent être appliquées à partir des installations déjà utilisées pour les peintures solvant. De plus, une faible quantité de peinture est nécessaire pour former un film homogène avec les propriétés optiques et de résistance chimique et physique équivalentes aux références solvantées. Cependant, la composition résiduelle en co-solvant est encore importante et des additifs très spécifiques et chers sont utilisés notamment pour stabiliser charges et pigments dans la formulation.

A côté de cela, les peintures poudres présentent l'avantage d'être sans solvant et 100% applicables, au sens où toute la poudre peut être appliquée, sans production de déchets. Par contre, une quantité supérieure de produit est nécessaire pour former un film de peinture homogène.[10]

4. Les peintures à émulsion: Le lait est la plus vieille émulsion du monde.

Une émulsion est obtenue par dispersion, dans un milieu liquide de particules, non miscible avec le premier. Une dispersion de résine synthétique est constituée par une distribution fine de polymère, dans une phase liquide, l'eau pour la plus part du temps. D'une manière générale une

émulsion contient: Une substance filmogène hydrophobe dispersée dans l'eau, un colloïde Stabilisateur (caséine, gomme arabique ou autre), des adjuvants destinés à garantir la conservation. On devrait parler de la peinture en dispersion plutôt que de la peinture en émulsion d'autant qu'on disperse des pigments, mais cela serait trop simple.[10]

IV. Différents gammes de peintures

1. Peinture pour bâtiments

On trouve les peintures intérieures, on emploie largement les types de peintures (Brillante, Satinées, Mate), et les peintures extérieures, le sujet est dans la plus part des cas du béton, les Surfaces doivent être dépoussiérées.

2. Les peintures marines

Ce sont des peintures spécialement étudiées et formulées pour la protection des surfaces en Contact avec l'eau ou situées au bord de la mer

3. Peinture anticorrosion

Les peintures carrosseries sont destinées pour la protection et la décoration des véhicules légers et lourds, on distingue deux secteurs bien distincts:

- Carrosserie retouche réparation, des véhicules déjà peints.
- Carrosserie constructrice. [11]

4. Peinture antibactérienne : [12]

Peinture antibactérienne C'est une peinture extrêmement innovante ! Elle contient des agents antimicrobiens qui assainissent l'air à 99 % tout en le dépolluant. La peinture antibactérienne est donc idéale pour les personnes atteintes d'allergies respiratoires.

Les peintures antibactériennes sont des peintures qui limitent le développement de nombreuses bactéries et permettent également de réduire les risques d'infection dans les environnements sensibles tels que les hôpitaux et les couloirs des lieux publics ou collectivités . Elles sont idéales pour les milieux soumis à une exposition microbienne pour murs et plafonds.

Les avantages de la peinture antibactérienne sont nombreux. Elle empêche activement le développement des bactéries et est lessivable. Elle a une efficacité antibactérienne maintenue après nettoyage répété. Elle est idéale pour les personnes atteintes d'allergies respiratoires². Elle renforce la qualité sanitaire des locaux et permet de maintenir une hygiène permanente.

V. Fabrication d'une peinture:

Les différentes étapes, les diverses matières premières utilisables, ainsi les différentes opérations nécessaires pour fabriquer une peinture, peuvent les représenter par la figure suivante.

Matière première mise en œuvre

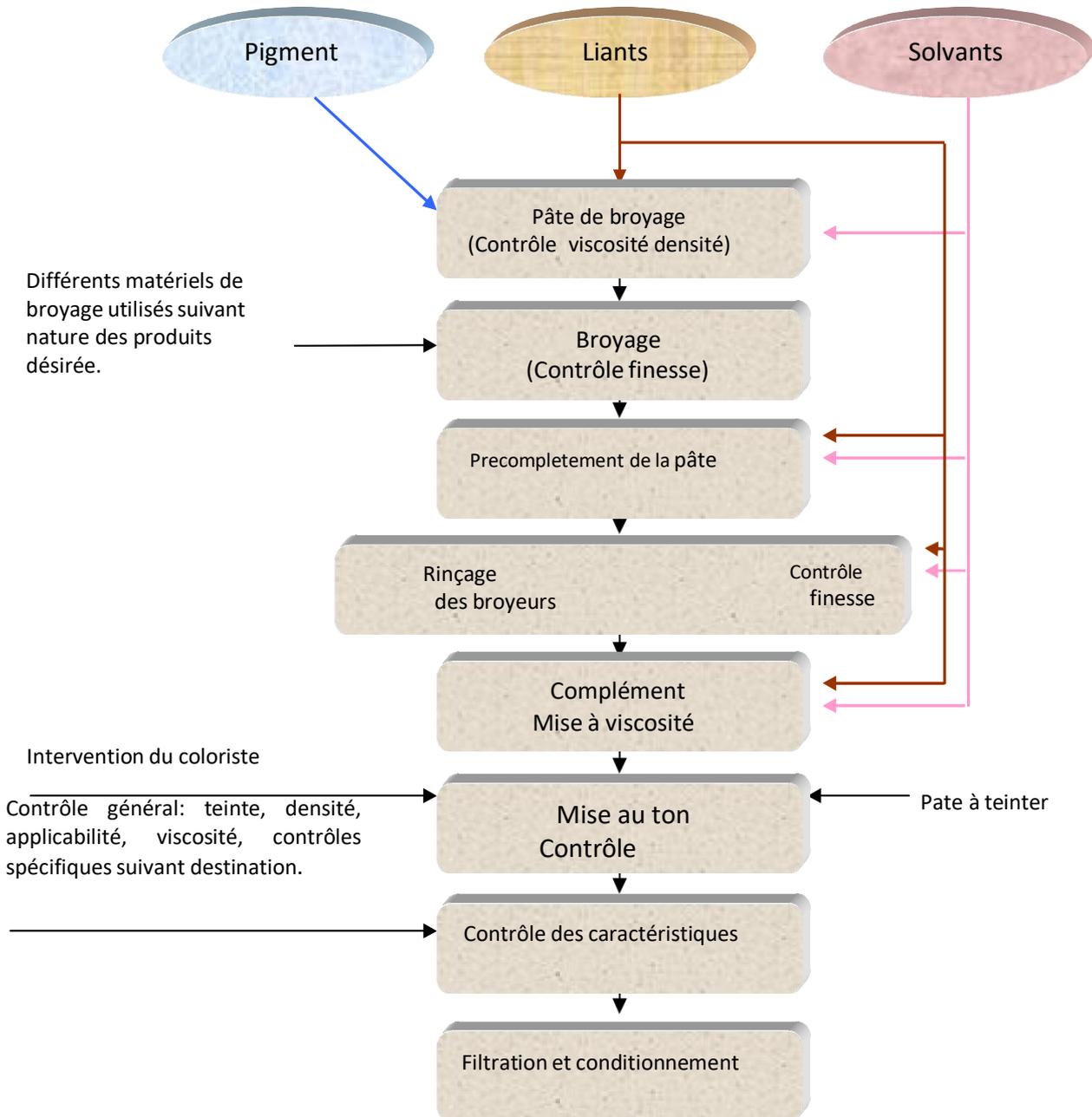


Figure II.2 : Différentes étapes de la fabrication d'une peinture.

Références

- 1- R.Perrin, J.P.Scharff; Chimie industrielle; Dunod, Paris, 1999.
 - 2- M. Bourdjiba; Contribution à l'amélioration de la qualité d'une peinture, Elaboration, caractérisation de résines opaques; mémoire de magister, unv Guelma, 2002.
 - 3- S.Bouzeboucha, H. Fisli, Etude de la plastification interne du polyvinyle acétate (PVA) pr la réaction de polymérisation radicalaire en chaîne, mémoire d'E.U.A; Guelma, 1999.
 - 4- JEAN CLAUDE LAOUT – protection et décoration par peinture, Techniques de l'ingénieur, traité Plastiques et Composites, M 15 05, 36 pp.
 - 5- R.M. Silverstein, G.C Basler, T.C Morill; Identification spectrométrie de composés organiques; Paris; 1998.
 - 6- S.Platel, R.Gillard; Technologie de la peinture; Paris, 1983.
 - 7- B.Cabane, S.Hénon; Liquide: solution, dispersions, émulsions, gels; Paris; édition Belin2007.
 - 8- P.GRANDOU, P PASTOUR“ peintures et vernis“ Tomes 1 et 2,1988.
 - 9- MISEV, T.A.; Nouveaux développements dans le domaine des liants pour émulsion, hautextraits secs et peintures en poudre susceptibles de satisfaire aux exigences de la future directive COV de la CEE; Double Liaison - Physique, Chimie et Economie des Peintures et Adhésifs, 490-491, 16-24 (1997).
 - 10- E.N.A.P; Chimie générale des résines et émulsions; Manuel industriel, 2003.
 - 11- S.Platel, R.Gillard; Technologie de la peinture; Paris, 1983.
 - 12- Une hygiène permanente : La peinture antimicrobienne..
https://www.robatherm.com/de/system/files/robatherm_antimicrobial_fra.pdf
- ([12] NÉOVELOURS RESIST ANTIBACTÉRIEN - Seigneurie Gauthier.
<https://www.seigneuriegauthier.com/peintures/peintures-interieures/peintures-murs-plafonds/neovelours-resist-antibacterien>.

Chapitre III

Les Nanoparticules

I. Matériaux et nanomatériaux

Introduction :

Le concept de matériau désigne la matière à l'état solide dotée de propriétés exploitables pour des applications pratiques. C'est en effet à l'état solide que la matière possède la meilleure résistance mécanique et la plus grande inertie chimique qui lui confèrent solidité et pérennité. C'est aussi à l'état solide que se manifestent nombre de propriétés, par exemple optiques, électriques, magnétiques, qui ont donné lieu à de considérables développements technologiques. Un solide possède des propriétés qui dépendent directement de sa composition chimique, de sa structure cristalline, de sa structure électronique, de sa texture et aussi de sa morphologie ou de sa mise en forme.

Définition :

Les nanomatériaux se caractérisent en partie par leur taille minuscule, mesurée en nanomètres. Le nanomètre est un milliardième de millimètre - environ 100 000 fois plus petit que le diamètre d'un cheveu humain.



Figure III.1 : Appréhender le nanomètre

Les nanoparticules existent dans la nature et peuvent être créées à partir de divers produits, tels que le carbone ou des minéraux tels que l'argent, mais les nanomatériaux doivent par définition avoir au moins une dimension inférieure à environ 100 nanomètres. La plupart des matériaux nanométriques sont trop petits pour être vus à l'œil nu et même avec les microscopes de laboratoire conventionnels.

Les matériaux développés à une si petite échelle sont souvent appelés nanomatériaux d'ingénierie, qui peuvent posséder des propriétés optiques, magnétiques, électriques et autres uniques.

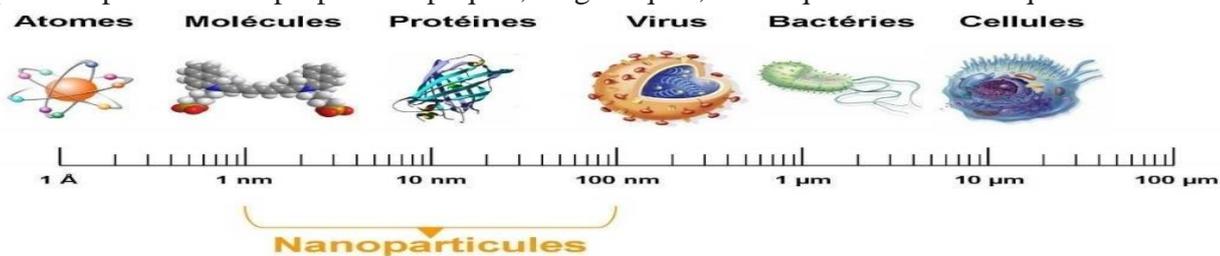


Figure III.2: Gamme de tailles des nanoparticules comparée à celle des principales structures [10]

La petitesse des particules leur confère des propriétés très utiles [11]. La figure 5 illustre la gamme de tailles des nanoparticules comparée à celle des principales structures. Certaines de ces propriétés résultent de l'énorme augmentation de la surface lorsque, par exemple, un matériau en poudre est converti en particules de quelques nanomètres de diamètre. Cette augmentation de surface entraînera une augmentation du taux de réactions éventuelles à la surface du matériau. Les petites dimensions des nanomatériaux laissent également la possibilité de former des mélanges intimes avec d'autres matériaux en vue d'en améliorer leurs propriétés. Dans les traitements médicaux, ils peuvent être adaptés pour permettre de cibler plus précisément certains médicaments [12].

Ces propriétés émergentes peuvent avoir un impact important sur l'électronique, la médecine et d'autres domaines. Certains nanomatériaux peuvent être d'origine naturelle, tels que les protéines sanguines essentielles à la vie et les lipides présents dans le sang et la graisse corporelle [13]. Cependant, les scientifiques s'intéressent particulièrement aux nanomatériaux d'ingénierie, conçus pour être utilisés dans de nombreux matériaux et dispositifs. Déjà, des milliers de produits courants, tels que les écrans solaires, les cosmétiques, les articles de sport, les vêtements résistant aux taches, les pneus et les appareils électroniques sont fabriqués avec des nanomatériaux. Ils interviennent également dans le diagnostic médical, l'imagerie, l'administration de médicaments et l'assainissement de l'environnement [14-16].

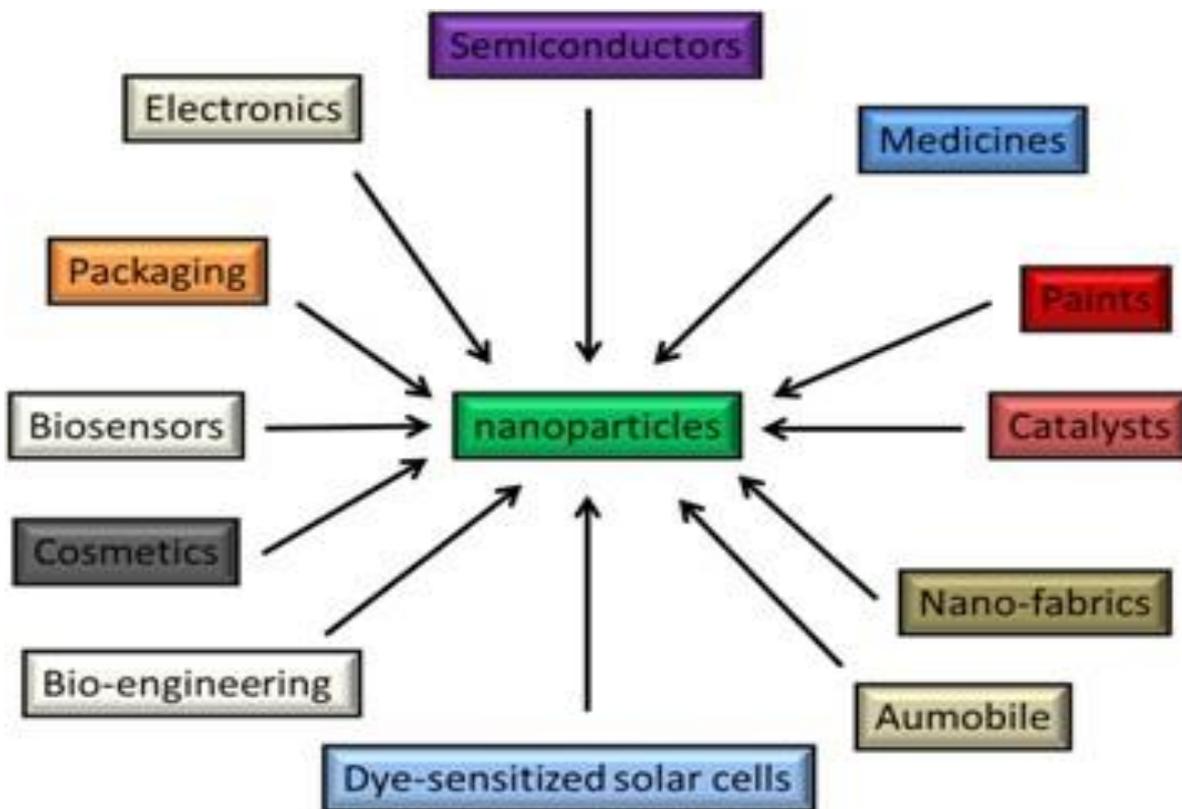


Figure III.3: Domaines d'applications des nanoparticules [17]

II. La classification de nanoparticule

1. Classification de nanomatériaux selon leurs formes d'utilisation

1.1. Matériaux de dimension 0

Matériaux sous forme dispersée, aléatoire ou organisée, comme dans les cristaux colloïdaux pour l'optique ou les fluides magnétiques.

1.2. Matériaux de dimension 1

Matériaux sous forme de nano-fils ou de nanotubes.

1.3. Matériaux de dimension 2

Matériaux sous forme de couche mince, comme dans les dépôts d'agrégats ou de revêtements épais obtenus par projection plasma ou voie électrochimique.

1.4. Matériaux de dimension 3

Matériaux sous forme compacte comme dans les céramiques et les métaux nanostructures[19].

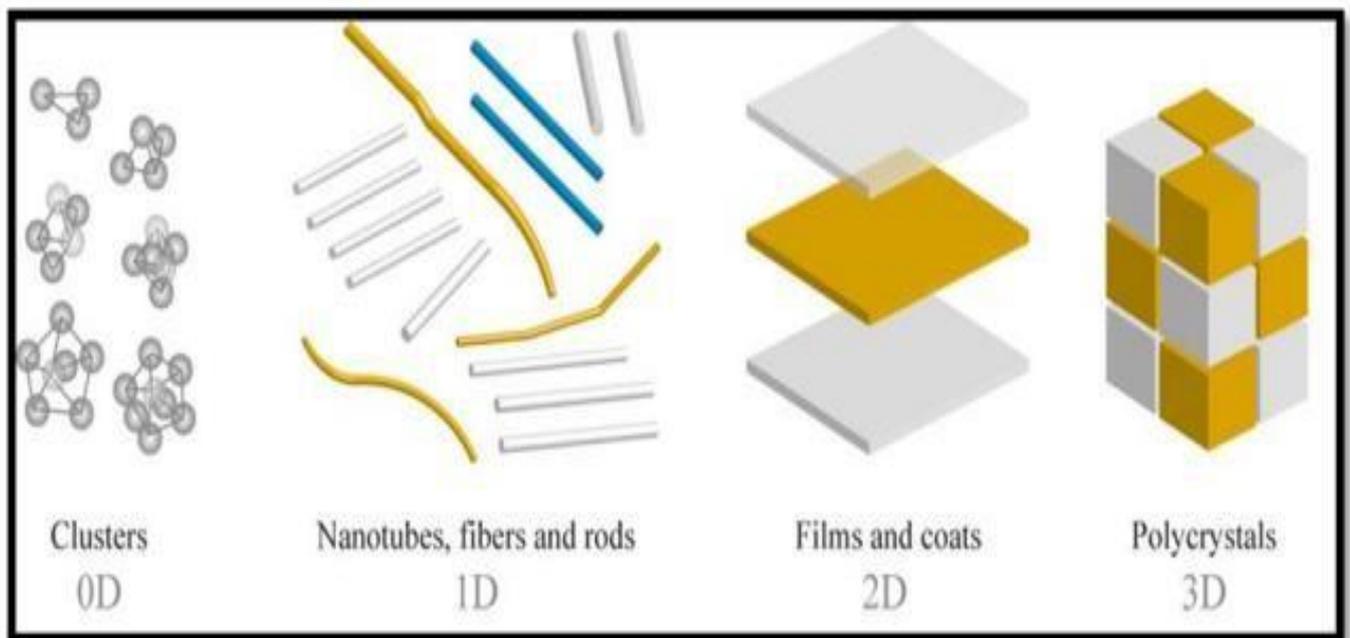


Figure III.4 : Types des nanoparticules selon leurs dimensions [20]

2. Classification des nanomatériaux selon leur localisation au sein du composant / objet/produit considéré

Tableau III.1 : Classification des nanoparticules en fonction de leur composition chimique [21]

	Matériaux à base de carbone	Matériaux à base de métaux	Dendromètres	Matériaux opposites
Définitions	Matériaux à base de carbone qui ont soit une forme sphérique ou tubulaire	Matériaux ayant un élément chimique métallique	Polymères assembles de façon ramifiée et aux cavités intérieures vides	Matériaux résultant d'une combinaison entre des nanoparticules et un autre matériau à la nano-échelle

3. Classification de nanoparticules en fonction de leurs sources

3.1. Origine naturelle

3.1.1. Biologique (dont l'ADN - diamètre de l'ordre de 2,5 nm, plusieurs bactéries – 30 nm à 10 µm, plusieurs virus 10 à 60 nm).

3.1.2. Minérale ou environnementale (la fraction fine du sable de désert, les fumées originaires d'activité volcanique ou de feux de forêt et certaines poussières atmosphériques). [30]

3.2. Origine humaine

Les « engineered nanoparticles », ou nanoparticules manufacturées, qui sont les nanomatériaux fabriqués dans un but d'application technologique. Comme les particules ultrafines d'oxyde de titane et des métaux ultrafins, les pigments de peinture, etc. Les « bulk nanoparticles » : le noir de carbone, la fumée de silice, la fumée d'huile, le « smog » et les particules diesel...etc.[22].

III. Synthèses des nanoparticules

D'une manière générale, il existe dans la littérature deux types d'approches (figure 7) pour les procédés de synthèse d'oxydes de métaux nanostructurés (couches minces, nanofils, nanoparticules ...) [62].

- **Les méthodes physiques** : sont des méthodes dites « **Top-Down** », car elles partent généralement du matériau massif pour aller vers les plus petites tailles. Les particules ainsi synthétisées présentent généralement une grande disparité en taille et en forme.

- **Les méthodes chimiques** : quant à elles, sont dites « **Bottom-Up** », car elles partent de molécules et utilisent les atomes métalliques comme des briques de construction des particules. Elles sont assez variées, généralement faciles à mettre en œuvre, moins couteuses et offrent un large éventail de paramètres permettant généralement un bon contrôle morphologique.

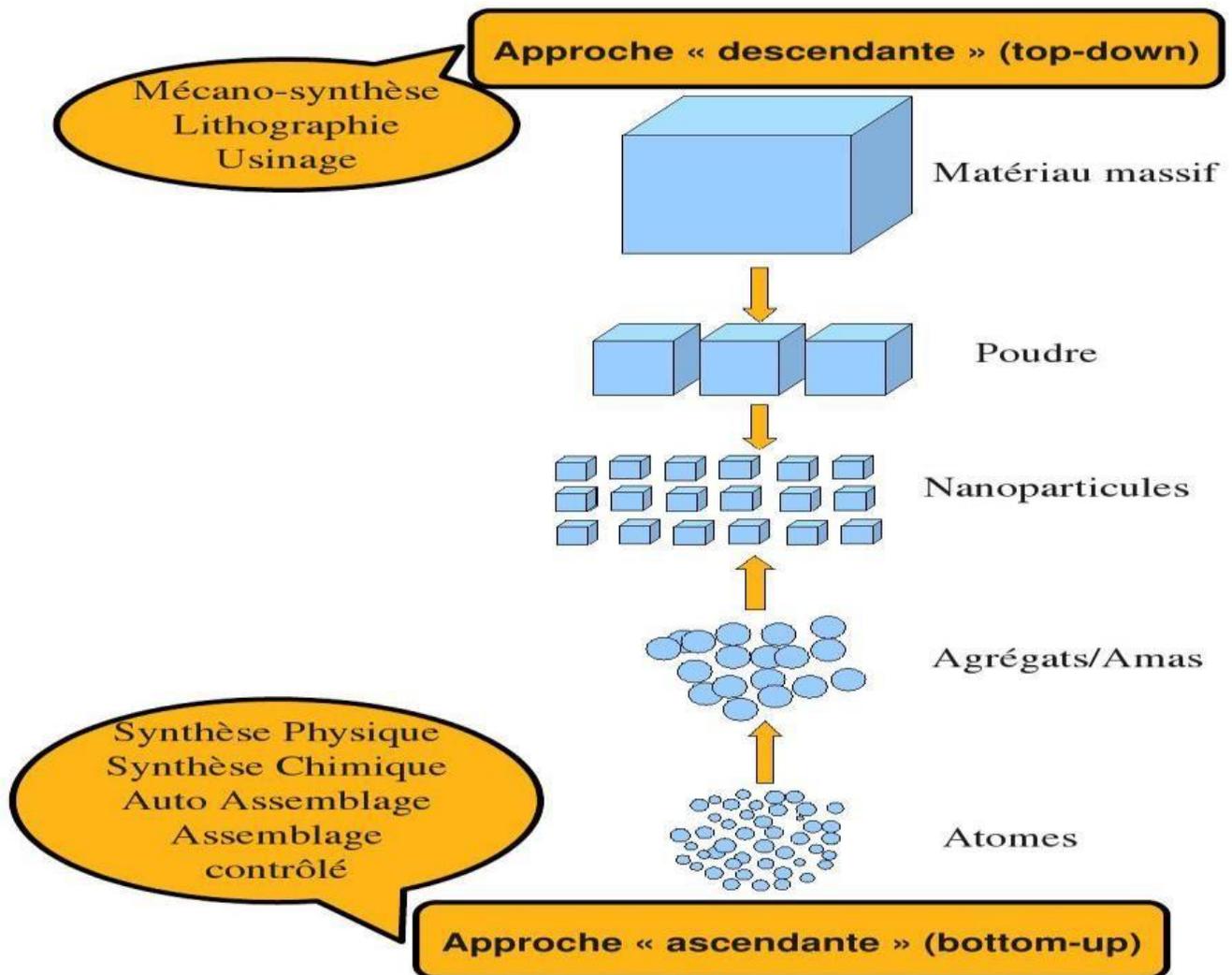


Figure III.5 : Approches physique/chimique d'élaborations des nanoparticules [63]

Il existe trois grandes voies pour la synthèse des nanoparticules : physiques, chimiques et biologiques [64]. Ils sont représentés dans la figure 8.

- **Les voies physiques** : Parmi les méthodes utilisées pour les produire figurent le dépôt physique et chimique en phase vapeur. En dépôt physique en phase vapeur (PVD), le matériau est vaporisé à la chaleur dans un four ou au moyen de lasers à impulsions. La vapeur est ensuite condensée sur une surface froide. Par exemple, des nanotubes de carbone à paroi unique peuvent être préparés en vaporisant une cible de carbone dans un four à environ 1500 K à l'aide d'un laser et en laissant la vapeur se condenser sur une surface froide. Un gaz inerte est injecté dans le réacteur pendant le processus pour empêcher l'oxydation de la vapeur de carbone. Dans le dépôt chimique en phase vapeur (CVD), une réaction se produit dans la phase vapeur entre deux matériaux ou plus et / ou la vapeur réagit avec le matériau cible.

- **Les voies chimiques** : elles ont l'avantage d'être simple, peu coûteuse en termes d'instrumentations avec des températures de synthèse assez basse (<350°C) et présente la possibilité de dopages d'atomes ou ions étrangers lors de la synthèse. Ce sont des méthodes facilement industrialisables ; une grande quantité des matériaux peut être obtenus à différentes tailles et formes. Enfin, ce type de méthode permet l'autoassemblage ou la structuration. Introduire le sol gel ici

- **Les voies biologiques** : Elles reposent sur l'utilisation de microorganismes tels que les champignons, bactéries ou actinomycètes (procaryotes), l'utilisation d'extraits de plantes ou d'enzymes et l'utilisation de matrices telles que l'ADN, les membranes, les virus et les diatomées.

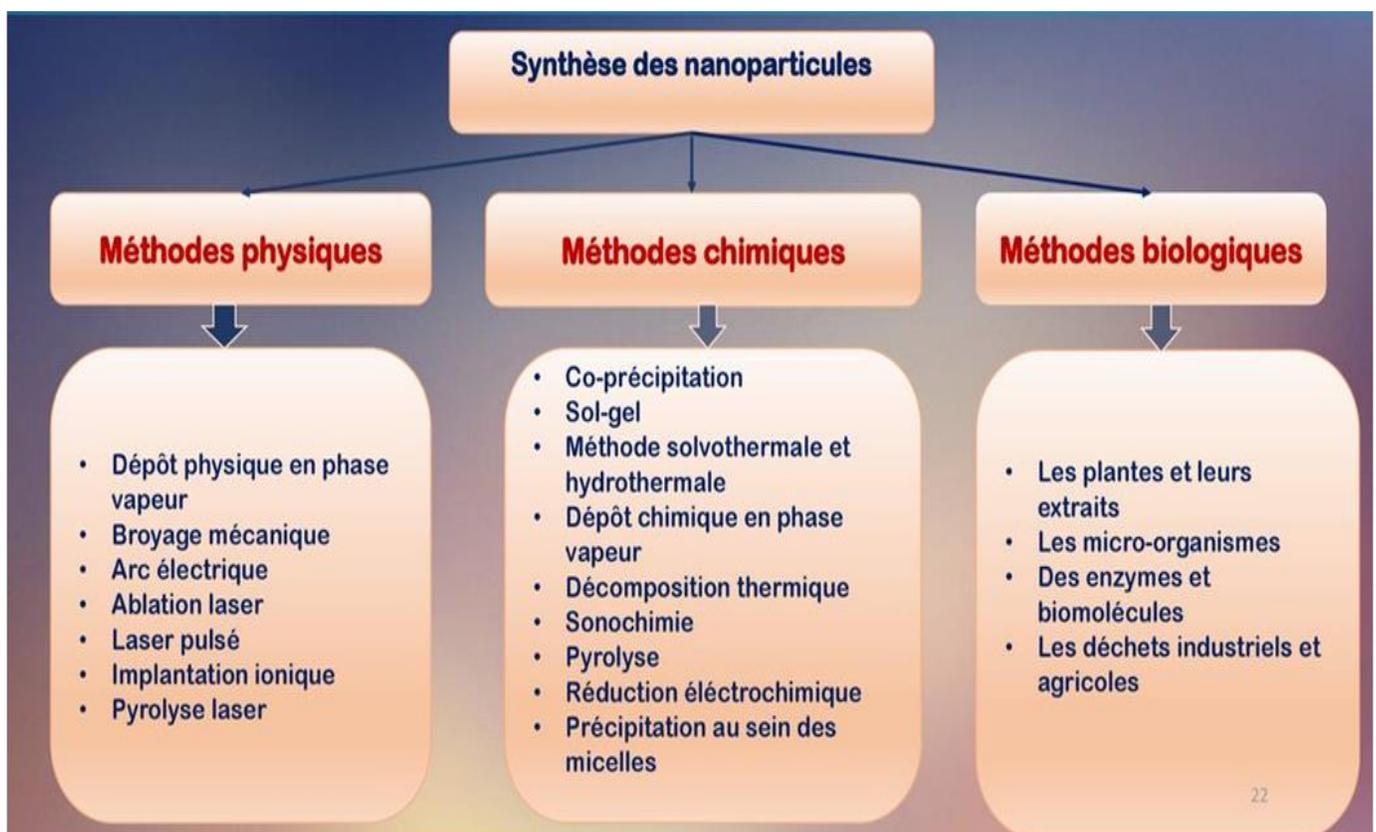


Figure III.6 : Les principales voies de synthèse des nanoparticules [65]

IV. Caractérisation de nanomatériaux

La caractérisation des nanomatériaux devient de plus en plus importante dans de nombreux secteurs comme l'électronique, le domaine pharmaceutique..... etc.

La description des nanomatériaux doit comprendre la taille moyenne des particules, la distribution de taille, la morphologie, la nature chimique et la coordination à la surface....etc

1. Principe général d'une méthode de caractérisation

Toute méthode de caractérisation est basée sur un même principe qui consiste d'une part, à envoyer une sonde sur un échantillon afin de créer une interaction sonde-échantillon et d'autre part, une analyse de la réponse que l'on obtient. Donc la sonde joue le rôle d'une excitation qui peut être un faisceau de particules énergétiques, un rayonnement électromagnétique, un champ électrique ou magnétique, un palpeur mécanique, etc. La réponse de l'échantillon à cette excitation peut être externe avec émission d'un rayonnement ou d'une particule ou circulation d'un courant, mais elle peut aussi avoir lieu de manière interne (défauts, les pièges dans les semiconducteurs).

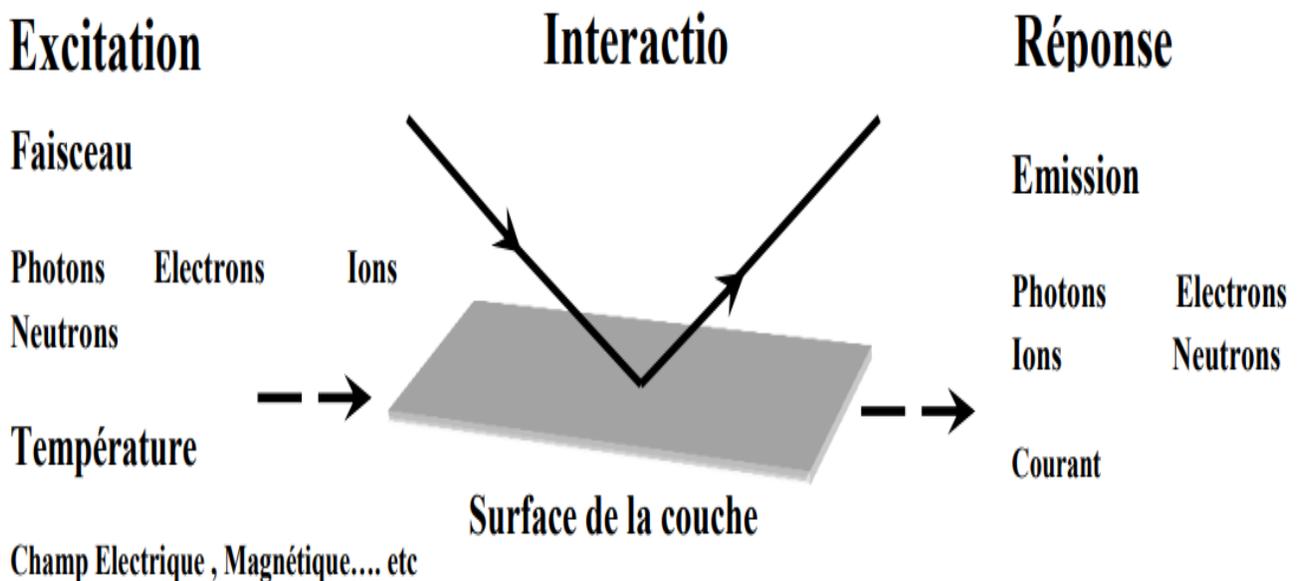


Figure III.7 : Principe général des méthodes de caractérisation de surface

2. Propriétés des nanomatériaux

Les nanomatériaux, comme cela est décrit dans le rapport « les nanomatériaux : effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement », présentent de nombreuses propriétés particulières dont les principales sont les suivantes :

2.1. Propriétés mécaniques

La structure nanométrique améliore la résistivité mécanique [23].

2.2. Propriétés électriques

La conductivité électrique de matière est modifiée par l'utilisation des Nanoparticules ou les nanotubes [23].

2.3. Propriétés optiques

Les Nanoparticules peuvent améliorer la transparence de la matière grâce à ces dimensions : Dimension de la nanoparticule < longueurs d'onde de la lumière visible [23]

2.4. Propriétés de transfert thermique

La présence des Nanoparticules peut améliorer la conductivité thermique de matière [31].

2.5. Propriétés magnétiques

Les cristallins (nanomatériaux de dimension 0) peuvent effectuer d'une manière importante le comportement magnétique des matières [23].

2.6. Propriétés catalytiques

Il existe des nanomatériaux qui peuvent jouer le rôle d'un catalyseur pour une réaction spécifiée par exemple : les nanoparticules d'or avec la réaction d'oxydation du monoxyde de carbone (CO). [23].

3. Paramètres caractéristiques physiques des nanoparticules

3.1. Taille

On appelle nanoparticules, ou particules ultrafines, les particules de dimension inférieure à 100nanomètres (nm), en notant que cette valeur est arbitraire, choisie par l'observation mais non représentative d'une quelconque barrière physique.

Les particules nanostructures sont des agglomérats comportant des caractéristiques structurelles inférieures à 100 nm qui peuvent influencer ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Ce sont des groupes de particules liées par des forces relativement faibles, comme les forces de Van der Waals, les forces électrostatiques ou encore les forces provoquées par les tensions de surface. Leur dimension totale peut être supérieure à cette valeur de 100 nm mais c'est

« leurs éléments constitutifs » qui sont de taille inférieure ou égale à 100 mn.

3.2. Diamètre équivalent

Les nanoparticules sont rarement sphériques, mais plutôt de formes irrégulières. Il est donc nécessaire pour caractériser la taille de ces particules, de définir des diamètres qui seront associés à d'autres propriétés. Ces diamètres sont les suivants : diamètres équivalents en masse, en volume, optique, diamètre aérodynamique, de Stokes, thermodynamique, de mobilité électrique. Nous définissons ici les plus utilisés :

3.2.1. Le diamètre équivalent en masse correspond au diamètre d'une sphère de même densité et de même masse que la particule étudiée. On le notera DM.

3.2.2. Le diamètre équivalent en volume (dV) correspond au diamètre d'une sphère de même volume que la particule, en incluant les cavités inaccessibles par le fluide environnant. On peut donc confondre diamètre équivalent en masse et en volume pour les particules non poreux

3.3. Forme des particules

Les diamètres équivalents ne suffisent pas toujours à caractériser complètement les nanoparticules. On définit également la forme des particules à l'aide de plusieurs facteurs.

Facteur de forme dynamique, morphologie fractale des particules, diamètre des particules primaires, nombre de particules primaires, rayon de giration de l'agrégat...., ces différents paramètres permettent de caractériser plus précisément les particules, mais surtout les agrégats de particules, pouvant prendre des formes complexes.

3.4. Propriétés de surface

Les réactions ayant lieu entre les nanoparticules et le milieu environnant se produisent pour la majorité à la surface de ces particules. On pourra donc caractériser les nanoparticules en fonction de la surface exposée, ou tout du moins les comparer entre elles à surface exposée égale. Les nanoparticules réagissent aussi en fonction de la nature et de la composition de la surface : présence de sites actifs comme des ions métalliques ou des radicaux, caractère hydrophile/hydrophobe, charges superficielles. [24]

V. Les Matériaux Mésoporeux Type SBA15

1. Introduction :

L'intérêt pour les particules de métaux nobles nanosisées a été augmenté dans ces dernières années en

raison de leurs propriétés uniques, y compris les effets de surfaces ou confinement quantique, ce qui les rendent souhaitables pour une utilisation en catalyse et les dispositifs optiques [1,2].

Matériaux mésoporeux tels que SBA-15, sont un candidat prometteur pour le support des métaux nanostructurés grâce à leur distribution étroite de taille de pore, surface spécifique élevée et grand volume poreux [3]. Jusqu'à présent, certains itinéraires réalisables ont été développés pour synthétiser des nanoparticules métalliques en utilisant SBA-15 comme modèle.

Il y a plusieurs voies pour la création des sites catalytiques parmi eux la synthèse directe, par la méthode pH-adjusting, méthode de dépôt-précipitation (D-p) et voie post-synthèse...ect.

Cette dernière méthode est largement utilisée car elle est simple de l'avantage est le rapport Si/M est plus faible dans la méthode de post-synthèse, ce qui montre que cette voie favorise [4]. Cette méthode a été appliquée avec succès pour la préparation de **Al/SBA-15** [5], **Co/SBA-15** [6], **Ni/SBA-15** [7], **Ag/SBA-15** [8].

Il y a deux différentes manières pour le traitement post-synthétique Cette méthode comporte deux voies : l'imprégnation par voie humide et l'imprégnation humide. La différence entre les deux voies mentionnées est le volume du solvant utilisé pour humidifier le support et l'étape d'évaporation. L'imprégnation par voie humide utilise le volume minimum pour humidifier le support (le volume du solvant est égal au volume des pores du support) sans nécessiter l'étape d'évaporation. L'étape d'évaporation ; alors que dans l'imprégnation humide, l'évaporation est nécessaire pour éliminer l'excès de volume du solvant contenant les sites actifs [4, 9].

L'objectif de ce chapitre est de synthétiser le SBA-15 pour être support du métal d'argent que nous synthétisons de méthode post-synthèse.

Caractériser le catalyseur préparés par voie physico-chimique techniques comme XRD, isotherme d'adsorption d'azote, spectroscopie IRTF et UV-Vis.

Certains succès ont été enregistrés dans la formation de nanoparticules ou nanofils de métaux ou de composés métalliques à l'intérieur de la silice mésoporeuse. Par exemple, **Huang et al.**

[10] ont utilisé l'imprégnation d'une solution d'AgNO₃ dans les canaux de SBA-15 suivie d'une décomposition thermique pour préparer des nanofils d'Ag à l'intérieur de SBA-15. **Hornebecq et al.** **[11]** ont utilisé de la silice mésoporeuse comme modèle pour préparer des nanoparticules d'argent stables dans les canaux des pores de la silice mésoporeuse par imprégnation. **Plyuto et al.** **[12]** ont rapporté des nanoparticules d'Ag synthétisées dans des films de silice mésoporeuse à structure de modèle.

Tang et al. **[13]** ont utilisé la méthode d'auto-assemblage induite par l'effet de la différence de température pour les nanostructures Ag/SBA-15 et leurs propriétés catalytiques pour l'époxydation du styrène. Les nanoparticules d'Ag/SBA-15 à 130°C montrent 77,7% de conversion et 73,7% de sélectivité pour l'époxydation du styrène.

L'activité du catalyseur Ag/SBA-15 a été testée pour la réaction d'oxydation de cyclohexane en utilisant de l'air dans un réacteur à haute pression. Elle a montré une conversion d'environ 10,5 % avec une sélectivité de 86 % pour l'huile de KA [14].

Egalement, L'oxydation catalytique du toluène sur Ag/SBA-15 synthétisé dans différentes conditions de prétraitement, y compris O₂ à 500 °C (noté O500), H₂ à 500 °C (H500) et O₂ à 500 °C suivi de H₂ à 300 °C (O500-H300) a été étudiée.. L'atmosphère de prétraitement influence grandement l'état des espèces Ag et O, qui à son tour ont un impact significatif sur l'adsorption et l'élimination catalytique du toluène. L'échantillon O500-H300 présente une excellente activité catalytique pendant tout le processus de réaction, ce qui peut être attribué aux petites nanoparticules d'Ag hautement dispersées ainsi qu'à l'existence d'oxygène sous la surface [15].

L'oxydation sélective des liaisons C-H benzylique et cycloalcane en cétones. Correspondantes avec du t-BuOOH sur des catalyseurs Ag/SBA-15, qui ont été préparés en faisant varier le chargement d'Ag (2, 4, 6 et 8 % en poids) sur un support SBA-15 en utilisant une imprégnation méthode [16].

Les catalyseurs dopés à l'Ag à également été utilisée pour favoriser la réaction réduction par exemple Ag/AMT-SBA-15 et Ag/Tr-SBA-15 se sont révélés très actifs pour la réduction du bleu méthylène [17]. De plus, l'Ag/NH₂-SBA-15 a été étudiée sur la dégradation de divers colorants tels que la verte malachite (MG), le rouge de phénol (PR) en présence de NaBH₄. Une efficacité de dégradation d'environ 90% a été obtenue en 6 min de temps de réaction en présence d'un catalyseur [18].

Tratayko et al. [19] Ont préparé Composite Ag-CeO₂/SBA-15 à partir d'un hybride Pluronic P123_SBA-15 comme catalyseur pour la réduction à température ambiante du 4-nitrophénol. Un tel catalyseur a montré la plus grande activité catalytique dans la réduction du 4- nitrophénol à pression ambiante et à température ambiante dans un milieu aqueux, grâce à l'effet synergique à l'interface Ag-CeO₂.

Zhao et al. [20] ont utilisé les catalyseurs supportés Cu-Ag/SBA-15, Ni-Ag/SBA-15 ont été préparés par la méthode de co-imprégnation. Contribue à amélioration du processus d'hydrogénation d'huile afin d'obtenir une huile à haute teneur en acide oléique.

Ainsi que, **Zheng et al. [21]** ont utilisé catalyseur bimétallique or (Au)-argent (Ag) supporté sur de la silice mésoporeuse ordonnée SBA-15 montré une excellente activité catalytique et une stabilité à long terme pour l'hydrogénation chimiosélective de l'oxalate de diméthyle en glycolate de méthyle.

Le catalyseur Ag/SBA-15 promu au platine efficace dans l'oxydation sélective où addition de platine (environ 0,05 % en poids) à l'argent (environ 2,0 % en poids) chargé sur de la silice mésoporeuse ordonnée, SBA-15, améliorerait les propriétés catalytiques des matériaux bimétalliques Ag-Pt dans l'oxydation sélective du méthanol en formiate de méthyle. L'oxydation du méthanol sur les échantillons activés en flux d'Ar et en flux oxydant (O₂ + Ar) a permis d'identifier le rôle de chaque composant du catalyseur bimétallique Ag-Pt en termes d'activité et de sélectivité dans l'oxydation du méthanol en formiate de méthyle. Un catalyseur bimétallique Pt/Ag/SBA-15 obtenu dans cette méthode a montré un rendement de 74% de production de formate de méthyle à 523 K et il était stable dans le temps de réaction [22].

Wang et al. [8] ont étudiés pour la première fois les activités et mécanismes antimicrobiens des matériaux Ag/SBA-15 préparés avec différentes méthodes. Elles concluent Ag/SBA-15 présentait une activité antimicrobienne élevée contre bactérie E.coli. Cet effet antimicrobien était une action synergique entre les ROS (espèces réactives de l'oxygène) extracellulaire et la toxicité de l'Ag⁺, qui a induit la production de ROS intercellulaire et la mort cellulaire subséquente.

L'Ag_xO/SBA-15 usé a été régénéré dans divers types de solvants, suivis d'une calcination et testés dans plusieurs cycles de désulfuration-régénération. En raison de réduction complète des espèces d'argent à Ag⁰, l'Ag_xO bi-fonctionnel SBA-15 démontrant <85% (2,60 mg-S/g) d'élimination du soufre considérablement réduit à <46% (1,56 mg-S/g) après seulement 1^{ère} cycle de régénération [23].

Un nouveau capteur électrochimique basé sur une électrode en pâte de nanotubes de carbone modifiée par un matériau amorphe de Santa Barbara (SBA-15) décoré de nanoparticules d'argent, à savoir CNT/Ag-PE/SBA-15, a été développé. Elle a été appliquée avec succès pour la détermination individuelle et simultanée des médicaments à base de paracétamol (PC) et de sulfaméthoxazole (SMZ). L'électrode a présenté une gamme dynamique linéaire de 0,12-110 µmol L⁻¹ pour le paracétamol et de 0,06-70 µmol L⁻¹ pour le sulfaméthoxazole, et des limites de détection de 38 et 19 nmol L⁻¹, respectivement. Le capteur proposé offrait une sensibilité élevée, un temps de réponse rapide et la possibilité de détecter les deux médicaments simultanément. Le CNT/SBA/Ag-PE a permis la détermination simultanée du PC et du SMZ dans les échantillons d'urine avec des taux de récupération élevés [24].

2. Préparation des matériaux :

2.1. Préparation de matériau mésoporeux de type SBA-15 :

La silice mésoporeuse SBA-15 a été synthétisée selon la procédure rapportée par **Zhao et al [3]**. Dont 4g de du tribloc copolymère (P123) est additionné à une solution d'acide chlorhydrique 7.5 M a (PH=0.83) et 6.67 mol l'eau bidistillé. Le mélange est mis sous agitation. Une fois la température est atteinte les 40 °C on ajoute 4,6 mol de TEOS. Le mélange est laissé sous agitation pendant 24h. La solution est ensuite mise dans des autoclaves en Téflon pendant 48h à 100°C. Le solide est ensuite filtré, lavé et séché sous air à température ambiante.

Pour éliminer le copolymère afin de libérer la porosité, le matériau SBA-15 est calciné sous air à 500°C pendant 4 heures.

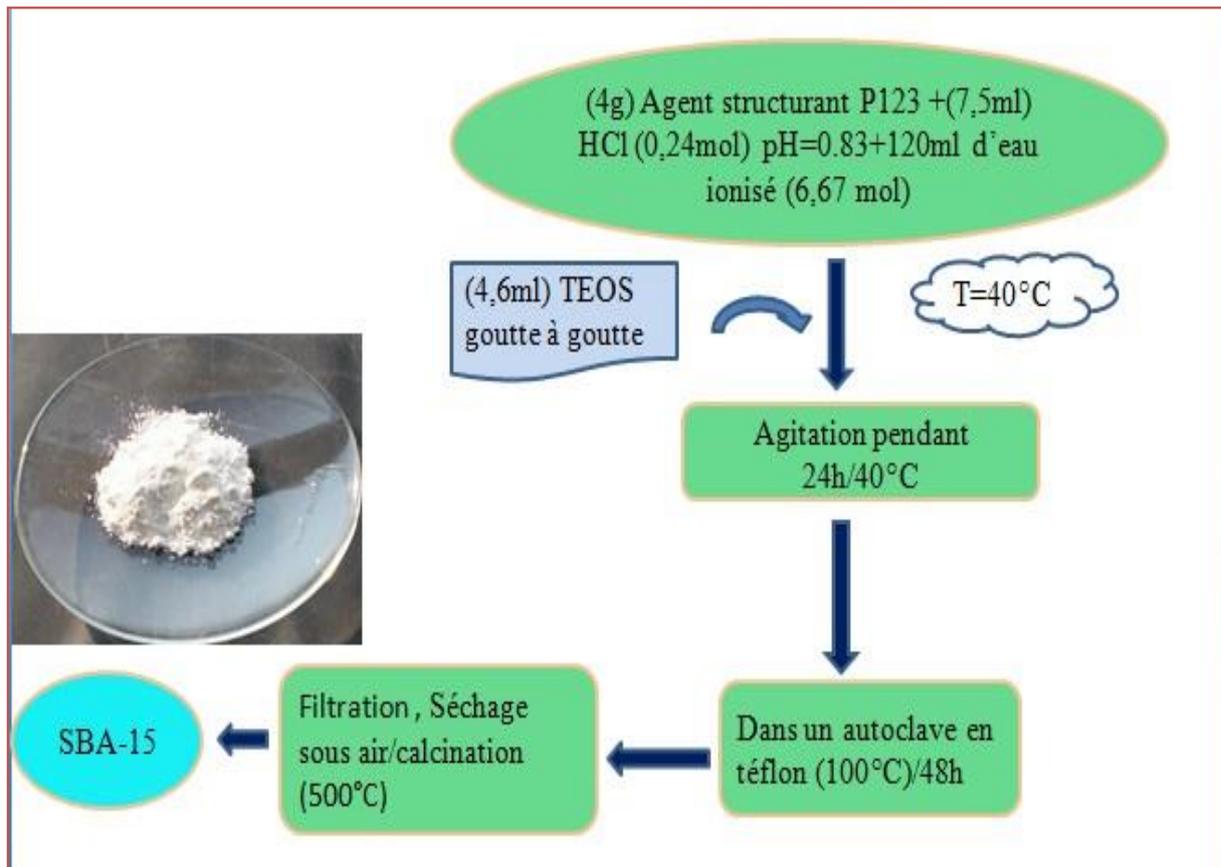


Figure III.8 : Protocole de préparation de matériaux de type SBA-15.

2.2. Synthèse par voie Post-synthétique de Ag /SBA-15 :

Les matériaux Ag/SBA-15(n) sont préparés par la méthode d'imprégnation à humidité naissante suivant le protocole représenté par la figure III.2 : (n : rapport molaire Si/Ag = 10).

Pour cela on utilise, une quantité du matériau SBA-15 calcinée est mélangée avec un volume de l'eau bidistillée contenant une quantité adéquate de nitrate d'argent, dans un agitateur magnétique chauffant dans le but d'obtenir respectivement rapport Si/Ag = 10.

Le mélange est mis sous agitation à une température de 60°C pendant 1 heure. Le solvant est ensuite évaporé et le solide obtenu est séché à 100°C, La couleur du mélange réactionnel s'est progressivement transformée, passant du transparent au jaune clair et finalement au brun foncé en l'espace de 100 minutes. Une réduction d'Ag⁺ en Ag⁰ a été établie par le changement de couleur de la solution d'incolore à brun foncé, Le matériau résultant est de couleur vert Après la calcination à 100°C. Sa formation a également été prouvée par l'utilisation de la spectroscopie UV-visible et d'autres techniques [25].

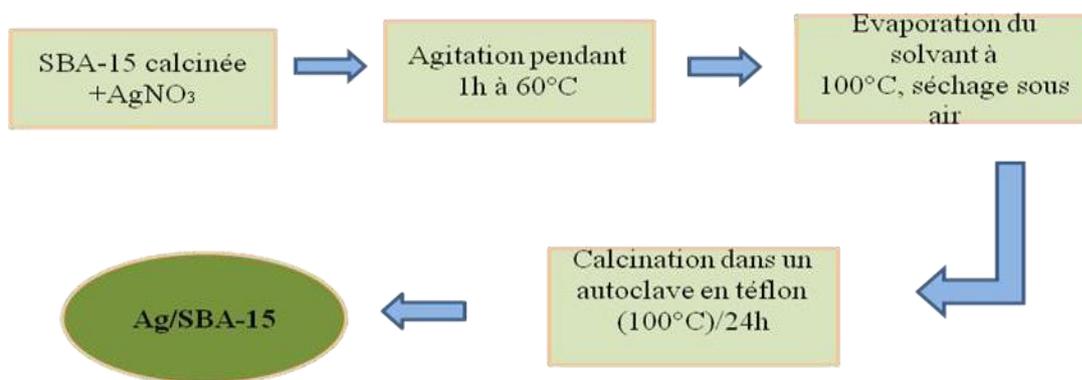


Figure III.9: Protocole de synthèse des matériaux Ag/SBA-15(n) par voie post-synthétique.



Figure III.10 : Produit finale de matériaux Ag/SBA-15.

3. Application des matériaux mésoporeux :

En raison de la taille de pores grande et uniforme, des formulations poreuses hautement disposées, de la très grande surface et de la richesse des groupes de surface faciles à utiliser, les matériaux poreux conçus par dispersion ont montré des applications potentielles en catalyse, absorption, séparation, optique, capteurs et nanoréacteurs. Ainsi que son grand rôle dans le domaine de la médecine moderne, ce qui en fait l'un des matériaux sur lesquels il s'appuie dans l'étude des maladies incurable [26].

Cependant, L'incorporation de la surface mésoporeuse par des métaux noble tels que (Cu, Pt, Au, Ti...) ou la fonctionnalisation par des groupes fonctionnels organiques tels que -SH, -COOH, -NH₂ ont améliorée l'activité des matériaux silicatés en particulier en tant que catalyseur.

Zhang et al. [27] ont utilise Pt/SBA-15 et Pd/SBA-15 comme catalyseurs pour la réduction catalytique du bromate Les résultats de l'étude d'activité ont montré que les catalyseurs Pt/SBA-15 présentaient des activités plus élevées que les catalyseurs Pd/SBA-15 et le catalyseur commercial 5% Pd/C, et la plus grande activité catalytique de 24,72 mg-min⁻¹- gcat⁻¹ a été obtenue en utilisant 4% Pt/SBA-15 comme catalyseur. Cette activité est environ 2,33 et 6,50 fois plus élevée que les activités des catalyseurs 4% Pd/SBA-15 et 5% Pd/C, respectivement.

Ainsi que, **Deng et al. [28]** Ont utilisé Les catalyseurs bimétalliques Pt-Sn supportés directement réduits par H₂ (méthode DR) sont très actifs pour la déshydrogénation du n- butane.

Les matériaux mésoporeux Cu/SBA-15 et Mn/SBA-15 présentent les performances catalytiques d'oxydation [29], Les métaux Cu (II) et Mn (II) incrustés sur le SBA-15 mésoporeux ont été synthétisés par la méthode de Co-précipitation pour la réaction d'oxydation de styrène dans une termes différents. Le catalyseur Cu-Mn/SBA-15 s'est avéré être très sélectif parmi tous les catalyseurs avec une conversion de 97,3 % et un rendement d'oxyde de styrène de 80,0 %. Ce catalyseur est recyclable [30]. De plus Le Cu/SBA-15 montré excellente capacité d'adsorption de CO₂. Et Cela après le chargement CuO à l'intérieur des canaux de SBA-15, Les matériaux ont été utilisés comme adsorbants pour l' adsorption de CO₂ à haute pression à différentes températures -5, 0, 10 et 25 °C et des pressions jusqu'à 30 bar. L'adsorption de CO₂ la plus élevée de 27,6 mmol/g à -5 °C [31]. Ainsi que le matériauMSU-X dans un condition que la température basse et une pression de fonctionnement élevée favorisent le processus d'adsorption qui donne une capacité d'adsorption de CO₂ plus élevée [32].

Jing et al. [33] Ont utilisé catalyseur bimétallique Au-Ag/SBA-15 a été synthétisé par méthode post-gréfrage pour oxydation de HCHO et étude l'effet de l'hydroxyle et de la taille des particules. La taille des particules de 3,1 nm et moins d'hydroxyle a été préparée via le SBA-15 modifié par du méthyle (CH₃-SBA-15) supportant des nanoalliages bimétalliques Au-Ag. Les résultats indiquent que Le catalyseur avec 5,3 nm et une grande densité d'hydroxyles a montré une activité catalytique élevée pour le HCHO et avait l'énergie d'activation la plus basse de 73,9 kJ/mol.

Le matériau Fe/mésoporeux utilisé fréquemment pour élimination des polluants en raison de efficacité élevé. Par exemple **Dhal et al. [34]** ont préparé de matériaux MCM-41 et Fe/MCM- 41 à synthétisé par une méthode chimique humide à base de tensioactif facil (CTAB). Les matériaux mésoporeux obtenus ont été utilisés comme adsorbants pour l'élimination du bleu de méthylène des milieux aqueux. Le pourcentage d'élimination du colorant s'est avéré être de 99,9 % pour le Fe-MCM-41 et de 94,5 % pour le MCM-41. **Rahmani et al. [35]** Ont synthétisé Fe/SBA-15 pour l'élimination du BPS (bis-phénol) par le procédé Fe-SBA- 15/UV/US/PMS a été étudié. Une élimination complète des BPS

et un degré de minéralisation de 67% ont été obtenus dans les conditions optimales après 60 minutes de réaction. En outre, il a été confirmé que le Fe-SBA-15 peut être réutilisé dans cinq cycles consécutifs et que l'efficacité d'élimination est acceptable à 94,2%.

La fonctionnalisation des matériaux mésoporeux par des groupes fonctionnel tels que NH₂- SBA-15, APTES-SBA-15 et NTAA-SBA-15 montrent bonne absorption et élimination des métaux lourds [36].

Un système de réaction DO catalytique pour la production de diesel vert à partir de PFAD sur des catalyseurs Ni/SBA-15, Co/SBA-15 et Ni-Co/SBA-15 a été développé avec succès. L'effet de l'acidité des particules de nickel et de cobalt supportées par le SBA-15 mésoporeux affecte la sélectivité des produits hydrocarbonés. tandis que la présence de cobalt conduit à la formation de produits hydrocarbonés plus légers.

Les catalyseurs Ni/SBA-15 et Ni-Co/SBA-15 présentent tous deux d'excellentes activités catalytiques pour la désoxygénation des PFAD produisant des hydrocarbures de type diesel (C13-C17) de 85,8% et 88,1%, respectivement [37].

VI. Ag-SBA15

Introduction

Ag SBA15 est un matériau nanocomposite hybride à base d'argent (Ag) et de silice mésoporeuse de type SBA15. La structure de la SBA15 est caractérisée par un réseau ordonné de pores de taille régulière, ce qui lui confère une grande surface spécifique et une distribution uniforme des pores.

L'ajout d'argent à la SBA15 crée un matériau avec des propriétés uniques et améliorées, le rendant adapté à de nombreuses applications.

L'argent est connu pour ses excellentes propriétés antibactériennes et antimicrobiennes, ce qui en fait un candidat attrayant pour diverses applications dans les domaines de la santé, de l'environnement et de la catalyse. En intégrant l'argent dans la structure de la SBA15, on obtient une combinaison synergique de ces propriétés avec les caractéristiques de la silice mésoporeuse.

Le nanocomposite Ag SBA15 présente une surface spécifique élevée, ce qui favorise une plus grande interaction avec les espèces cibles, telles que les bactéries ou les polluants présents dans l'eau ou l'air. De plus, la structure ordonnée des pores permet un contrôle précis de la taille des pores, ce qui peut être crucial pour des applications spécifiques.

Grâce à sa structure unique et à ses propriétés améliorées, l'Ag SBA15 est utilisé dans divers domaines tels que la purification de l'eau, la détection de gaz, la catalyse et la biotechnologie. Par exemple, il peut être utilisé comme support catalytique pour des réactions chimiques spécifiques ou comme agent antibactérien pour prévenir la croissance des microorganismes indésirables.

- En résumé, l'Ag SBA15 est un matériau nanocomposite prometteur qui combine les propriétés antimicrobiennes de l'argent avec la structure régulière et la grande surface spécifique de la silice mésoporeuse de type SBA15. Son utilisation dans diverses applications offre des possibilités intéressantes pour améliorer les performances et résoudre des problèmes dans différents domaines.

Application

L'Ag SBA15 présente de nombreuses applications en raison de ses propriétés uniques. Voici quelques exemples d'applications de l'Ag SBA15 :

1. Purification de l'eau : En raison de ses excellentes propriétés antimicrobiennes, l'Ag SBA15 peut être utilisé comme matériau filtrant pour éliminer les bactéries et les contaminants de l'eau. Il peut également être utilisé pour la dégradation de polluants organiques présents dans l'eau, grâce à ses propriétés catalytiques.

2. Catalyse : L'Ag SBA15 peut servir de support catalytique pour diverses réactions chimiques. En raison de sa grande surface spécifique et de sa structure poreuse, il permet une meilleure dispersion de l'argent, ce qui améliore l'activité catalytique. Il est utilisé dans des réactions telles que l'hydrogénation, l'oxydation sélective et la réduction de composés organiques.

3. Détection de gaz : En raison de sa sensibilité aux gaz, l'Ag SBA15 est utilisé dans les capteurs de gaz. Les propriétés optiques de l'argent permettent de détecter les changements de couleur ou d'absorption qui se produisent en présence de certains gaz, ce qui en fait un matériau prometteur pour la détection de gaz toxiques ou polluants.

4. Biotechnologie : L'Ag SBA15 peut être utilisé dans des applications biotechnologiques telles que la délivrance de médicaments. En raison de sa capacité à charger et à libérer des molécules, il peut être utilisé pour cibler et délivrer des agents thérapeutiques spécifiques, tels que des médicaments anticancéreux, dans des zones cibles du corps.

5. Antimicrobien : En raison de ses propriétés antibactériennes et antimicrobiennes, l'Ag SBA15 est utilisé pour prévenir la croissance des microorganismes indésirables. Il peut être utilisé dans les revêtements antimicrobiens pour les dispositifs médicaux, les emballages alimentaires et d'autres applications où l'hygiène est primordiale.

- Il convient de noter que ces applications ne sont qu'un aperçu des possibilités offertes par l'Ag SBA15. En raison de ses propriétés polyvalentes et de sa flexibilité, de nouvelles applications continuent d'émerger dans différents domaines de la science et de l'industrie.

Applications biologiques

L'Ag SBA15 présente également plusieurs applications biologiques en raison de ses propriétés antimicrobiennes et de sa capacité à charger et à libérer des molécules. Voici quelques exemples d'applications biologiques de l'Ag SBA15 :

1. Antimicrobien : L'Ag SBA15 est utilisé comme agent antimicrobien dans les applications biomédicales. Il peut être utilisé pour prévenir la croissance des bactéries et des microorganismes indésirables, en particulier dans les dispositifs médicaux tels que les cathéters, les pansements et les implants. L'argent libéré lentement à partir de l'Ag SBA15 peut tuer les microorganismes et réduire les risques d'infections.

2. Délivrance de médicaments : En raison de sa structure poreuse, l'Ag SBA15 peut être utilisé comme support pour la délivrance de médicaments. Les molécules médicamenteuses peuvent être encapsulées dans les pores de l'Ag SBA15, offrant une libération contrôlée et ciblée des médicaments dans les tissus ou les cellules spécifiques. Cela permet d'améliorer l'efficacité thérapeutique et de réduire les effets secondaires indésirables.

3. Bioimagerie : L'Ag SBA15 peut être utilisé comme agent de contraste dans les techniques d'imagerie médicale telles que l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la tomographie par émission de positrons (TEP). L'argent présent dans l'Ag SBA15 peut améliorer le contraste des images et permettre une meilleure visualisation des tissus et des organes.

4. Ingénierie tissulaire : L'Ag SBA15 est également utilisé dans le domaine de l'ingénierie tissulaire. Il peut être utilisé comme matériau de support pour la croissance et la différenciation des cellules dans les tissus et les organes artificiels. La présence d'argent peut également contribuer à réduire les risques d'infections lors de l'implantation de tissus ou d'organes artificiels.

- Il convient de noter que l'Ag SBA15 dans les applications biologiques nécessite une évaluation approfondie de sa biocompatibilité et de son innocuité. Des études sont nécessaires pour évaluer son efficacité et sa sécurité dans des contextes spécifiques avant une utilisation généralisée dans des applications biomédicales.

VII. Cu-SBA15

Introduction

Cu SBA15 est un matériau nanocomposite hybride constitué de cuivre (Cu) incorporé dans une structure de silice mésoporeuse appelée SBA15. La SBA15 se caractérise par sa structure de pores hautement ordonnée, offrant une grande surface spécifique et une distribution uniforme des pores. L'ajout de cuivre à la SBA15 crée un matériau hybride unique avec des propriétés améliorées, le rendant adapté à diverses applications.

Le cuivre est un métal polyvalent connu pour ses excellentes propriétés catalytiques, antibactériennes et de conductivité électrique. Lorsqu'il est incorporé dans la structure de la SBA15, le cuivre renforce

encore les capacités du matériau et introduit des fonctionnalités supplémentaires. Le nanocomposite Cu SBA15 qui en résulte offre un large éventail de possibilités dans différents domaines.

La grande surface spécifique du Cu SBA15 permet d'augmenter les interactions avec les espèces cibles, ce qui en fait un matériau adapté aux applications catalytiques. Le cuivre, réputé pour son activité catalytique, peut favoriser des réactions chimiques spécifiques telles que l'oxydation, l'hydrogénation et la déshydrogénation. La structure de pores ordonnée de la SBA15 permet un contrôle précis de la taille et de la distribution des sites actifs du cuivre, améliorant ainsi les performances catalytiques du Cu SBA15.

En plus de la catalyse, le Cu SBA15 présente d'excellentes propriétés antibactériennes grâce à la présence de cuivre. Les ions de cuivre possèdent une activité antimicrobienne reconnue et ont fait l'objet de nombreuses études en raison de leur capacité à inhiber la croissance des bactéries, des virus et d'autres microorganismes. L'incorporation de cuivre dans la SBA15 renforce son efficacité antimicrobienne, faisant du Cu SBA15 un candidat potentiel pour des applications telles que les revêtements antibactériens, les dispositifs médicaux et les systèmes de purification de l'eau.

De plus, le Cu SBA15 présente des avantages dans d'autres domaines tels que la détection de gaz, l'électronique, le stockage d'énergie et la dépollution de l'environnement. Ses propriétés uniques en font un matériau adapté aux capteurs de gaz capables de détecter des gaz spécifiques avec une grande sensibilité. En électronique, le Cu SBA15 peut être utilisé comme matériau conducteur ou comme composant d'électrodes pour les dispositifs de stockage d'énergie tels que les batteries et les supercondensateurs. De plus, la grande surface spécifique du Cu SBA15 permet d'adsorber et d'éliminer les polluants de l'air et de l'eau, contribuant ainsi aux efforts de dépollution de l'environnement.

- En résumé, le Cu SBA15 est un matériau nanocomposite avec du cuivre incorporé dans la structure de silice mésoporeuse de la SBA15. Ses propriétés catalytiques, antibactériennes et électriques en font un matériau polyvalent adapté à diverses applications dans les domaines de la catalyse, des revêtements antibactériens, de la détection de gaz, de l'électronique, du stockage d'énergie et de la dépollution de l'environnement. Les propriétés uniques du Cu SBA15 ouvrent des perspectives pour le développement de solutions innovantes dans différents domaines scientifiques et technologiques.

Applications

Le Cu SBA15 présente de nombreuses applications en raison de ses propriétés uniques et polyvalentes. Voici quelques exemples d'applications du Cu SBA15 :

1. Catalyse : Le Cu SBA15 est largement utilisé comme catalyseur dans diverses réactions chimiques. En raison de sa structure poreuse et de la présence de cuivre, il offre une surface spécifique élevée et des sites catalytiques actifs. Il est utilisé dans des réactions telles que l'oxydation électrochimique, l'hydrogénation et la déshydrogénation, fournissant une amélioration de l'activité catalytique et une sélectivité accrue.

2. Antibactérien : Le Cu SBA15 est efficace pour inhiber la croissance des bactéries et d'autres microorganismes. En raison des propriétés antimicrobiennes du cuivre, le Cu SBA15 peut être utilisé dans les revêtements antibactériens pour les dispositifs médicaux, les surfaces de contact et les matériaux d'emballage. Il aide à réduire le risque d'infections nosocomiales et à maintenir des environnements hygiéniques.

3. Adsorption et dépollution de l'environnement : En raison de sa grande surface spécifique et de sa capacité à adsorber les polluants, le Cu SBA15 est utilisé pour la dépollution de l'air et de l'eau. Il peut adsorber efficacement des composés organiques volatils (COV), des métaux lourds et d'autres polluants présents dans les milieux environnementaux. Le Cu SBA15 est également utilisé dans les systèmes de filtration pour purifier l'eau potable et industrielle.

4. Stockage d'énergie : Le Cu SBA15 peut être utilisé dans les dispositifs de stockage d'énergie tels que les batteries et les super condensateurs. En raison de sa structure poreuse et de sa conductivité électrique, il peut servir de matériau d'électrode, offrant une plus grande surface pour les réactions électrochimiques et améliorant ainsi les performances des dispositifs de stockage d'énergie.

5. Catalyseurs pour la synthèse chimique : Le Cu SBA15 est utilisé dans la synthèse chimique pour favoriser des réactions spécifiques. Il peut être utilisé dans la synthèse de produits chimiques fins, de produits pharmaceutiques et de produits chimiques industriels. Sa haute activité catalytique et sa sélectivité contrôlée en font un matériau précieux pour l'industrie chimique.

- Il convient de noter que ces applications ne sont qu'un aperçu des possibilités offertes par le Cu SBA15. En raison de ses propriétés polyvalentes, de nouvelles applications continuent d'émerger dans différents domaines tels que l'électronique, la biotechnologie et la nanotechnologie. Le Cu SBA15 offre des opportunités passionnantes pour le développement de technologies avancées et l'amélioration des processus industriels.

Applications biologiques

Le Cu SBA15 présente également plusieurs applications biologiques en raison de ses propriétés antimicrobiennes, de sa capacité à libérer des ions cuivre et de sa compatibilité avec les systèmes biologiques. Voici quelques exemples d'applications biologiques du Cu SBA15 :

1. Revêtements antibactériens : En raison de ses propriétés antimicrobiennes, le Cu SBA15 peut être utilisé pour créer des revêtements antibactériens sur des surfaces biomédicales telles que les implants, les dispositifs médicaux et les pansements. Les ions cuivre libérés lentement à partir du matériau peuvent inhiber la croissance des bactéries et réduire le risque d'infections.

2. Systèmes de délivrance de médicaments : La structure poreuse du Cu SBA15 permet d'incorporer et de libérer des agents thérapeutiques de manière contrôlée. Il peut être utilisé comme support pour la délivrance ciblée de médicaments, tels que des agents anticancéreux, des antibiotiques ou des agents antifongiques. Le Cu SBA15 offre ainsi une libération prolongée et contrôlée des médicaments, améliorant leur efficacité thérapeutique.

3. Ingénierie tissulaire : Le Cu SBA15 peut être utilisé dans le domaine de l'ingénierie tissulaire pour favoriser la croissance et la différenciation des cellules. En tant que matériau de support, il offre une surface favorable à l'adhésion et à la prolifération des cellules. De plus, les ions cuivre libérés peuvent favoriser la régénération tissulaire et la vascularisation, contribuant ainsi à la formation de tissus fonctionnels.

4. Thérapie photodynamique : Le Cu SBA15 peut être utilisé dans la thérapie photodynamique, une approche thérapeutique qui implique l'utilisation de photosensibilisateurs activés par la lumière pour détruire les cellules cibles. En incorporant des photosensibilisateurs dans les pores du Cu SBA15, il est possible de cibler spécifiquement les cellules cancéreuses ou infectées et d'induire leur destruction sélective lors de l'irradiation avec une lumière appropriée.

- Il convient de noter que l'utilisation du Cu SBA15 dans les applications biologiques nécessite une évaluation approfondie de sa biocompatibilité, de son innocuité et de son interaction avec les systèmes biologiques. Des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement son comportement et son efficacité dans des contextes spécifiques. Cependant, les propriétés antimicrobiennes et de délivrance contrôlée du Cu SBA15 ouvrent des perspectives intéressantes pour son utilisation dans le domaine biomédical et la recherche en biotechnologie.

VIII. ZnO (Oxyde de zinc)

Introduction

Le ZnO (oxyde de zinc) est un matériau inorganique largement étudié et utilisé en raison de ses propriétés uniques et polyvalentes. Il est composé de zinc (Zn) et d'oxygène (O) et se présente sous la forme d'une poudre blanche ou d'un matériau cristallin.

Le ZnO est largement utilisé dans de nombreux domaines, notamment l'électronique, l'optique, la catalyse, l'énergie, la biotechnologie et les applications médicales. Il présente plusieurs caractéristiques intéressantes, telles que sa large bande interdite directe, sa grande mobilité électronique, sa transparence dans le domaine de l'ultraviolet, ses propriétés piézoélectriques et sa bonne biocompatibilité.

Dans le domaine de l'électronique, le ZnO est utilisé dans les transistors à effet de champ, les diodes électroluminescentes (LED), les capteurs optiques et les dispositifs d'affichage. Il peut être déposé sous forme de couches minces sur des substrats flexibles, permettant ainsi le développement de l'électronique flexible et portable.

En optique, le ZnO est utilisé dans les revêtements antireflets, les filtres UV, les lasers à semi-conducteurs et les dispositifs optoélectroniques. Sa large bande interdite lui confère des propriétés

optiques intéressantes, notamment une forte émission de lumière ultraviolette et une transmission élevée dans le visible.

Le ZnO est également un catalyseur efficace pour diverses réactions chimiques, telles que l'oxydation, la réduction et la décomposition de composés organiques. Il est utilisé dans les processus de purification de l'air, la production d'hydrogène, la conversion d'énergie et d'autres applications de catalyse.

En ce qui concerne les applications médicales et biotechnologiques, le ZnO est étudié pour ses propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires et anticancéreuses. Il peut être utilisé dans les pansements antimicrobiens, les revêtements de surface d'implants médicaux et les nanocarriers pour la délivrance ciblée de médicaments.

En résumé, le ZnO est un matériau polyvalent avec une large gamme d'applications dans l'électronique, l'optique, la catalyse, l'énergie, la biotechnologie et les applications médicales. Ses propriétés uniques en font un matériau d'intérêt pour le développement de nouvelles technologies et l'amélioration de divers processus industriels et médicaux.

Applications

Le ZnO (oxyde de zinc) présente de nombreuses applications en raison de ses propriétés uniques et polyvalentes. Voici quelques exemples d'applications courantes du ZnO :

1. Électronique : Le ZnO est utilisé dans les transistors à effet de champ, les diodes électroluminescentes (LED), les capteurs optiques et les dispositifs d'affichage. Sa large bande interdite, sa haute mobilité électronique et sa transparence dans l'ultraviolet en font un matériau attractif pour l'électronique et l'optoélectronique.

2. Revêtements antireflets : En raison de sa transparence dans le domaine visible, le ZnO est utilisé comme revêtement antireflet sur les surfaces optiques, telles que les lentilles, les écrans et les panneaux solaires. Il réduit la réflexion de la lumière, améliorant ainsi la transmission et la clarté optique.

3. Catalyse : Le ZnO est un catalyseur efficace dans diverses réactions chimiques, telles que l'oxydation, la réduction et la décomposition de composés organiques. Il est utilisé dans les industries chimiques pour la production de produits chimiques et la purification de l'air, ainsi que dans les réactions de conversion d'énergie, comme la production d'hydrogène.

4. Protection solaire : Le ZnO est utilisé dans les crèmes solaires et les produits de protection solaire en raison de ses propriétés de blocage des rayons ultraviolets (UV). Il absorbe et réfléchit les rayons UV nocifs du soleil, offrant une protection contre les coups de soleil et les dommages causés par les UV.

5. Matériaux antibactériens : Le ZnO présente des propriétés antibactériennes et antimicrobiennes. Il est utilisé dans les revêtements antimicrobiens pour les surfaces, les textiles et les dispositifs médicaux, contribuant ainsi à prévenir la croissance des bactéries et des microorganismes indésirables.

6. Applications médicales : En raison de sa biocompatibilité et de ses propriétés antimicrobiennes, le ZnO est utilisé dans les pansements antimicrobiens pour favoriser la cicatrisation des plaies et prévenir les infections. Il est également étudié pour ses applications potentielles en nanomédecine, notamment dans la délivrance ciblée de médicaments et l'imagerie médicale.

7. Pigments et revêtements : Le ZnO est utilisé comme pigment dans les peintures, les encres et les plastiques, offrant des propriétés de blancheur, d'opacité et de résistance aux UV. Il est également utilisé comme agent de protection et de conservation dans les revêtements pour prévenir la dégradation des matériaux.

- Il convient de noter que ces applications ne sont qu'un aperçu des utilisations courantes du ZnO. En raison de ses propriétés uniques et de sa facilité de synthèse, de nouvelles applications émergent continuellement dans divers domaines tels que l'énergie, l'environnement, l'électrochimie et la photonique.

Les applications biologiques

Le ZnO (oxyde de zinc) présente plusieurs applications biologiques en raison de ses propriétés antimicrobiennes, de sa biocompatibilité et de ses propriétés photocatalytiques. Voici quelques exemples d'applications biologiques du ZnO :

1. Pansements antibactériens : Le ZnO est utilisé dans les pansements antimicrobiens pour prévenir les infections. En raison de ses propriétés antimicrobiennes, il inhibe la croissance des bactéries et favorise la cicatrisation des plaies.

2. Agents de libération de médicaments : Le ZnO peut être utilisé comme support pour la libération contrôlée de médicaments. Les médicaments sont encapsulés dans des nanoparticules de ZnO, qui permettent une libération progressive et ciblée des médicaments dans les tissus ou les cellules spécifiques.

3. Imagerie biomédicale : Le ZnO peut être utilisé comme agent de contraste dans les techniques d'imagerie biomédicale telles que l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et la tomographie par émission de positrons (TEP). Les nanoparticules de ZnO peuvent améliorer le contraste des images et faciliter la visualisation des tissus et des organes.

4. Applications antimicrobiennes : Le ZnO présente des propriétés antimicrobiennes, inhibant la croissance des bactéries, des virus et des champignons. Il est utilisé dans les revêtements antibactériens pour les dispositifs médicaux, les surfaces de contact et les matériaux d'emballage afin de réduire le risque d'infections nosocomiales.

5. Applications en thérapie photodynamique : Le ZnO peut être utilisé dans la thérapie photodynamique, qui implique l'utilisation de photosensibilisateurs activés par la lumière pour détruire les cellules cibles. Les nanoparticules de ZnO peuvent servir de vecteurs pour la délivrance de photosensibilisateurs et aider à cibler spécifiquement les cellules cancéreuses ou infectées.

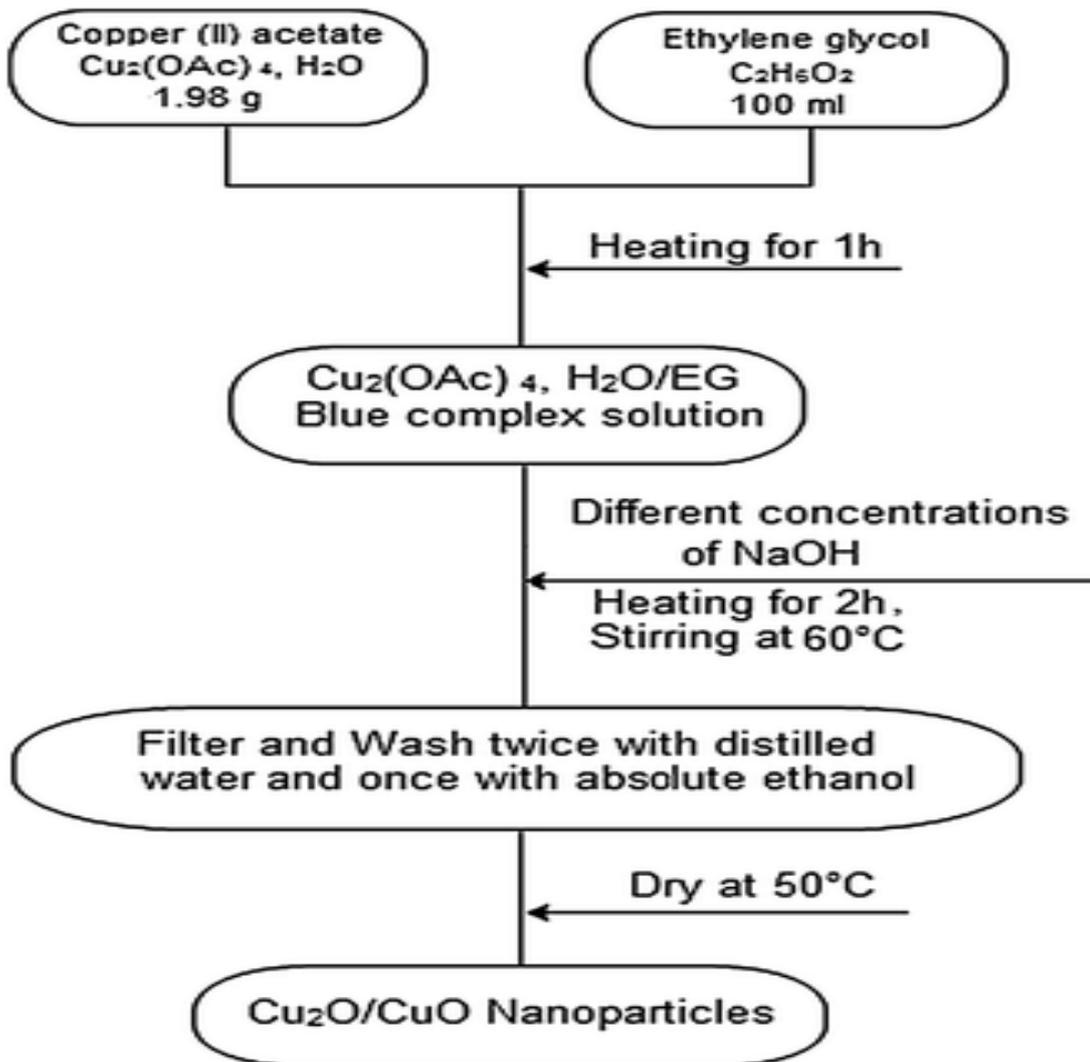
6. Applications en régénération tissulaire : Le ZnO est étudié pour ses propriétés de stimulation de la croissance cellulaire et de régénération tissulaire. Il peut être utilisé dans les biomatériaux pour favoriser la croissance et la différenciation des cellules dans les tissus et les organes artificiels.

- Il est important de noter que l'utilisation du ZnO dans les applications biologiques nécessite une évaluation approfondie de sa biocompatibilité, de sa toxicité potentielle et de son interaction avec les systèmes biologiques. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre son comportement et son efficacité dans des contextes spécifiques. Cependant, les propriétés antimicrobiennes, de libération de médicaments et d'imagerie du ZnO offrent des perspectives prometteuses pour son utilisation dans le domaine biomédical et la recherche en biotechnologie.

IX. ACTIVITE ANTIBACTERIEN DES NANOPARTICULS CUIVRE ARGENT ET L'OXYDE DE ZINC

1.1 Cuivre

Le cuivre est un oligo-élément, présent dans l'organisme à faible concentration (1.5 à 3 mg/kg/jour apport quotidien) et il est nécessaire au bon fonctionnement de certains enzymes ainsi que la stimulation du système immunitaire contre les infections et un élément essentiel pour maintenir l'homéostasie. Cependant, Il joue un rôle bénéfique pour les organismes supérieurs (animaux) et non pour les organismes inférieurs (virus et bactéries). Donc sa présence à l'intérieur de la cellule bactérienne est considérée comme étrangère donc il est connu toxique envers les microorganismes [62].



Féfigure III.11 : Schéma du processus de synthèse des NP CuO et Cu₂O par la méthode sol-gel

1.2 Argent

Le nom scientifique « argent » vient du latin argentum qui dérive du mot grec argyros qui signifie blanc étincelant ou blanc clair. Le mot néerlandais zilver dérive de l'ancien saxon silubar qui est devenu silbar en allemand ancien et silber en allemand moderne [63].

1.2.1 Synthèse des matériaux Ag/SBA15

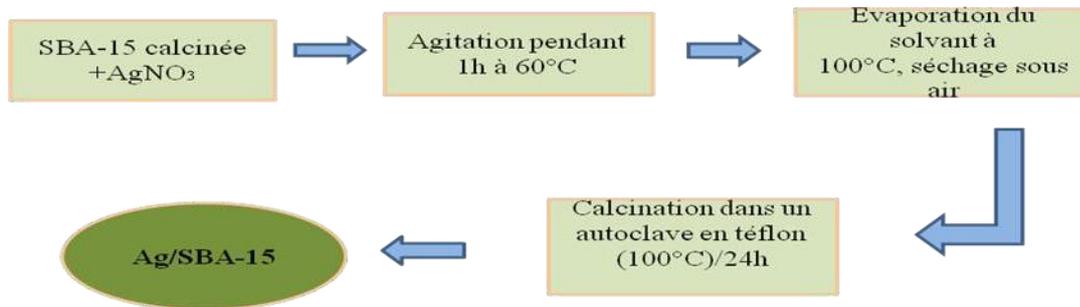


Figure III.12: Protocole de synthèse des matériaux Ag/SBA-15(n) par voie post-synthétique.

1.3 Oxyde de zinc :

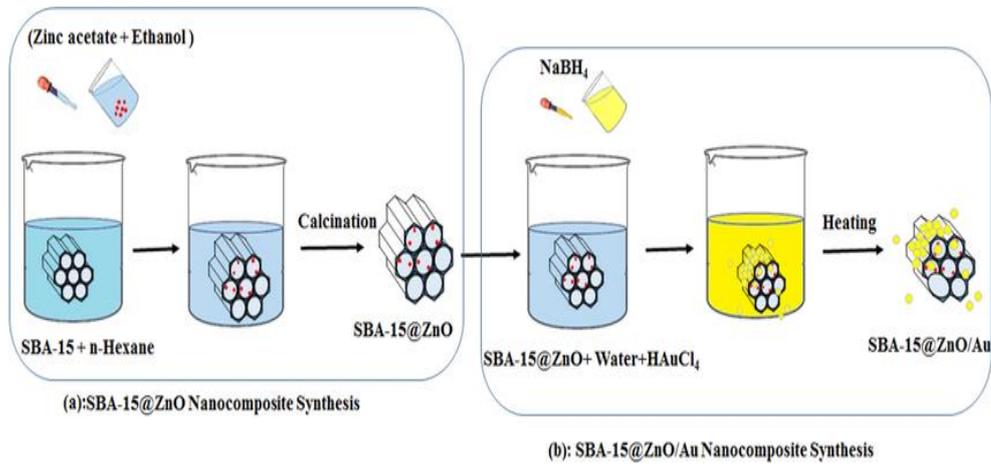
L'oxyde de zinc est un composé inorganique de formule chimique "ZnO". il se présente Habituellement sous la forme d'une poudre blanche et inodore connue sous le nom de "zinc blanc" ou "Blanc de zinc". Il se produit dans la nature sous forme de minéral zincite, y compris Il contient généralement du manganèse et est jaune à rouge [56].

Il est couramment utilisé comme additif dans de nombreuses applications telles que Fabrication de verres, céramiques, ingrédients alimentaires. Lui aussi Produits largement utilisés dans le traitement de diverses autres affections cutanées telles que Traite mieux les éruptions cutanées que la poudre pour bébé et les crèmes barrières, les crèmes Calamine, shampoing antipelliculaire et pommade antibactérienne [57].



Figure III.13 : Oxyde de zinc massif sous forme naturelle (a, b)[58].

1.3.1 Synthèse de ZnO type SBA15



Fégre III.14: illustration schématique de la voie de synthèse du ZnO /SBA15

1) Sources

2.1 Cuivre

Le cuivre est présent naturellement dans la croûte terrestre et dans les océans, les lacs, les rivières sous différentes formes et concentrations. C'est un des métaux existant à l'état natif, cependant il est majoritairement présent sous la forme de minerais. La teneur moyenne en cuivre de l'écorce terrestre est de 55 ppm [18]. La concentration moyenne en cuivre varie entre 13 et 24 mg/kg dans les sols.

Les principales sources de cuivre dans l'alimentation sont les fruits de mer, les abats (notamment foie), les céréales à grains entiers, les noix, le raisin, les légumes et le chocolat [64]. Les eaux minérales peuvent également être une bonne source de cuivre [65].

Le cuivre est raffiné à partir de minerais présents en de nombreux endroits de la surface du globe. Les cinq plus grands pays extracteurs sont le Chili, les Etats-Unis, le Pérou, l'Australie et la Russie [64].

2.2 Argent

L'argent est un élément assez rare à la surface de la Terre. Son clark est à 0,1 g par tonne.

Il est présent à l'état naturel dans les sols des pays suivants :

- Pérou
- Mexique
- Saxe
- Norvège

On le trouve sous la forme de fils, parfois en veines dans d'autres matériaux mais aussi quelques fois sous la forme de cristaux ou pépites, isolés ou non [66].

2.3 Zinc

Végétaux les plus riches en zinc : germes de blé (14 mg/100g), sésame (10 mg/100g), graines de pavot (9 mg/100g), lichen de mer (7.9 mg/100g), champignons shiitaké (7.7 mg/100g), graines de courge (7.8 mg/100g), basilic séché (7.1 mg/100g), thym séché (6.2 mg/100), Les graines de citrouille, les noix de cajou, les noix de

pécan, les cacahuètes, les pistaches et les amandes sont d'excellents coupe-faim et représentent un bon moyen d'ajouter une portion supplémentaire de zinc, ainsi que d'autres minéraux comme le magnésium, dans notre alimentation.[66]

X. Mécanisme de pénétration des nanoparticules dans les bactéries

Le mécanisme de pénétration des nanoparticules reste à élucider. En effet l'interaction de particules physiques avec la paroi bactérienne n'a été que très peu étudiée et donc leur pénétration dans la paroi bactérienne peu observée. Plusieurs hypothèses peuvent cependant être formulées :

- La première serait un passage par des porines non spécifiques de la paroi, mais les plus grosses porines ayant un diamètre de 2 nm, cette explication semble peu probable.
- La deuxième hypothèse la plus probable est que les particules sont capables d'exercer une pression mécanique sur la paroi, en raison d'une différence de concentration en osmolytes de part et d'autre de la membrane, et donc de traverser celle-ci en forçant un passage. Cependant, une mesure de l'osmolalité des suspensions de nanoparticules a été réalisée et montre qu'elle est très faible. Ainsi, les nanoparticules n'exercent aucune pression hyper osmotique et ne peuvent donc passer en force la membrane de cette manière.
- La troisième hypothèse serait qu'une particule en contact avec la membrane pourrait produire des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et ainsi provoquer des dommages membranaires. Des trous dans la membrane seraient formés et permettraient la pénétration des nanoparticules dans le périplasma ou le cytoplasme. La charge de la particule a été suggérée pour qu'elle puisse s'approcher de la paroi et libérer les ERO à son voisinage, les nanoparticules chargées positivement pénètrent dans la paroi bactérienne. Ainsi c'est peut-être la charge des particules, en complément ou en substitution de leur taille, qui conditionne la pénétration des nanoparticules. De plus cela conforte la troisième hypothèse de mécanisme de pénétration

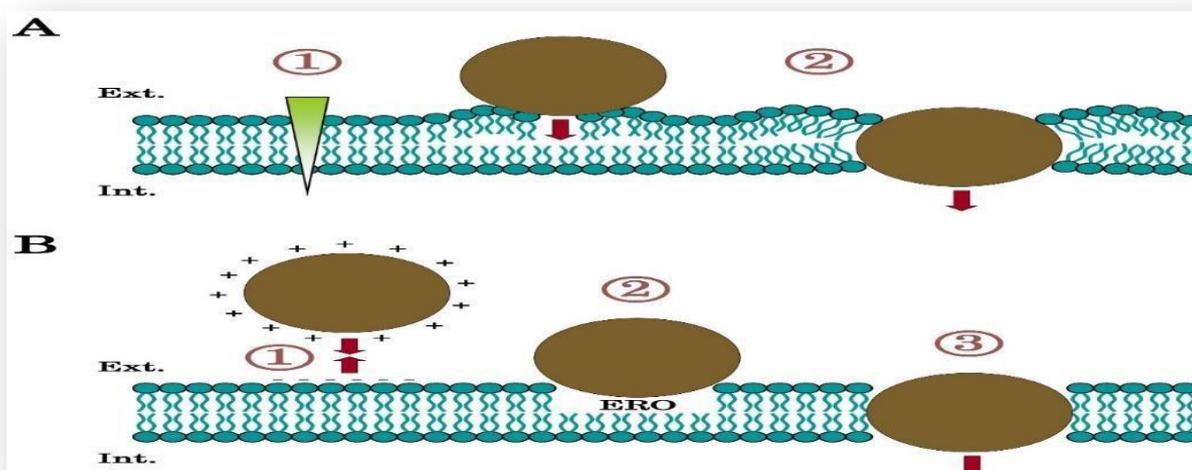


Figure III.15 : Hypothèses concernant la pénétration des nanoparticules dans les bactéries [7].

- Hypothèse du passage mécanique (A) :

En imaginant une différence de concentration en nanoparticules exerçant une pression (1), les nanoparticules forcent le passage pour aller du compartiment le plus concentré au moins concentré.

- Hypothèse du passage par détérioration de la membrane externe (B) :

Une particule chargée positivement peut se coller sur la bactérie chargée négativement (1), en imaginant que ces particules sont capables de produire des ERO (2), l'une des conséquences possibles est une détérioration de

la membrane externe et une formation de puits permettant le passage des nanoparticules (3).

XI. Effets antibactérien des nanoparticules

Un grand nombre de nanoparticules a un effet antibactérien sur différentes souches bactériennes. Cet effet est plus ou moins prononcé en fonction de la nature et des caractéristiques des nanoparticules. Ainsi les nanoparticules métalliques d'Ag et de Cu présentent une forte activité bactéricide dès de faibles concentrations [77].

1) Argent

L'argent (Ag), sous forme colloïdal, a longtemps été utilisé comme substance antimicrobienne en raison de leur surface qui offre un meilleur contact avec le microorganisme et augmente la libération d'ions argentés (Ag^+), ces ions présentent un large spectre d'action contre les champignons, les virus et un grand nombre de bactéries infectieuses (à Gram positif et à Gram négatif), dont **Escherichia coli**, **Pseudomonas aeruginosa** et **Staphylococcus aureus** [78] [79].

Les études des **Suwan, Tamsiri, et al** sur les AgNPs du riz ont été étudiées pour l'activité antibactérienne contre *S. aureus* et *E. coli*. Les résultats ont montré que les AgNPs de toutes les variétés de riz avaient des effets inhibiteurs sur les deux souches, alors que la solution du riz modifiée pure ne pouvait pas inhiber les souches testées [80].

1.1 Mécanisme d'activité antibactérienne des nanoparticules d'argent

Les AgNPs peuvent modifier la perméabilité membranaire de la bactérie permettant l'entrée d'AgNPs dans la cellule [81].

De nombreuses études appuient la proposition selon laquelle la pénétration des AgNPs à travers la paroi bactérienne conduit à leur dissolution en ions argentés (Ag^+). Ces ions Ag^+ ainsi libérés vont interagir avec les groupes thiol (SH), constituants des membranes cellulaires et des enzymes, et forment des liaisons S–Ag stables [82]. Ce qui provoque l'inactivation des protéines membranaires, la dénaturation des enzymes vitales, épuisement des niveaux d'ATP intracellulaire et l'activité bactéricide consécutive [83].

Un des avantages majeurs des nanoparticules d'argent métallique réside dans le fait qu'elles représentent un réservoir d'ions Ag^+ . Ce qui permet une activité antibactérienne pendant une période de temps plus longue [76].

1.2 Activité mutagène des nanoparticules d'argent

Les ions Ag^+ inhibent la réplication cellulaire en induisant la condensation de l'ADN et interagissant directement avec les bases des acides nucléiques de diverses bactéries.

En effet, ces ions peuvent intercaler entre la paire de base de purine et de pyrimidine, perturbant ainsi la liaison hydrogène (H) entre les brins antiparallèles.

Ce qui pourra avoir plusieurs conséquences telles que l'induction d'une mutation ou même la dénaturation de l'ADN et l'inactivation subséquente des bactéries (figure 19) [84].

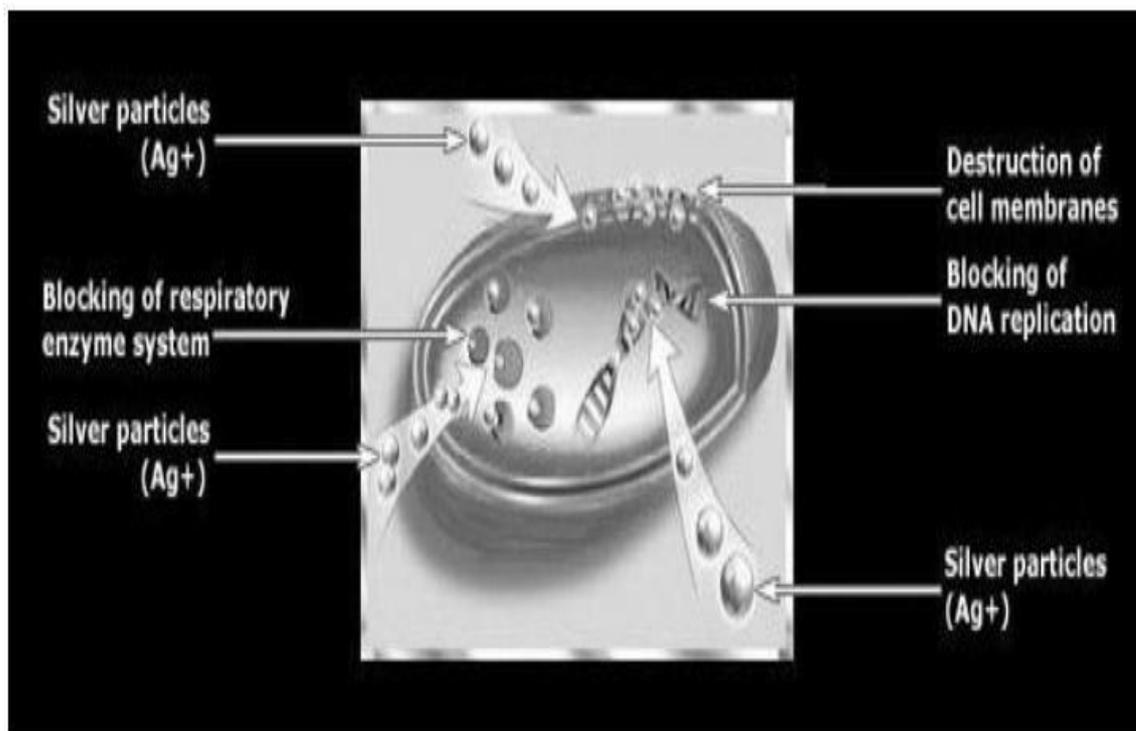


Figure III.16: Site d'action des ions Ag^+ sur les cellules bactériennes [76].

1) Cuivre

L'activité antimicrobienne des NP de cuivre a été démontrée contre diverses espèces de bactéries, telles que le **Staphylococcus aureus** résistant à la méthicilline (SARM) et le **Bacillus subtilis**, les organismes à Gram négatif tels que **Pseudomonas aeruginosa**.

L'activité bactéricide de Cu dépend du niveau d'agglomération. En minimisant l'agglomération, on obtient des NPs de plus petite taille qui offrent une plus grande surface disponible pour la solubilisation des ions de cuivre et pour l'interaction avec les membranes bactériennes, ce qui entraîne une plus grande toxicité. Les formes métalliques et ioniques du cuivre produisent des radicaux hydroxyles qui endommagent les protéines essentielles et l'ADN [81].

L'activité antibactérienne du cuivre a été largement publiée, d'où le potentiel antimicrobien in situ du cuivre contre des bactéries pathogènes comme le staphylocoque doré, des champignons comme le **candida albicans** et des virus comme la grippe. La petite taille et le rapport surface-masse élevé des nanoparticules de cuivre en font des agents antimicrobiens à large spectre efficaces car cela améliore leur capacité à pénétrer dans les bactéries selon les mêmes mécanismes que les ions d'argent et inhibent la respiration bactérienne tout en bloquant la multiplication en agissant sur l'ADN [85].

2) Oxyde de zinc

Les investigations portant sur l'activité antimicrobienne du ZnO ont commencé au début des années 1950. Néanmoins, le vrai mouvement vers l'utilisation du ZnO comme agent antimicrobien était en 1995, quand Sawai et ses collègues ont trouvé que les poudres de ZnO, MgO et CaO sont dotées d'une activité antimicrobienne considérable contre certaines souches de bactéries. [85]

XII. Conclusion

Dans ce le chapitre, on peut dire que les nanoparticules sont des particules infiniment petites 1 - 100 nm qui sont classées selon leurs dimensions (0D, 1D, 2D 3D) et aussi on peut classer selon leur localisation au sein du composant et leurs origines (naturelle ou humaine).

Les nanoparticules sont utilisées dans différents secteurs industriels (construction, cosmétique, énergie, santé, plasturgie et textile...etc.), Ces nanoparticules sont des semi- conducteurs. Ces propriétés permettent d'utiliser ces particules dans plusieurs secteurs industriels, aussi ces paramètres et caractéristiques physique.

Les matériaux mésoporeux sont des matériaux attirent de plus en plus l'attention en raison de leurs synthétisées de manière simple, qui se distinguent des autres par le fait qu'elles en possèdent une très grande surface spécifique, Leur surface peut être modifiée de plusieurs méthode tell que synthèse Co-condensation et synthèse par greffage post-synthèse. Ceci doit être utilisé dans plusieurs domaines tels que l'industrie et le traitement.

Référence

- [1] Schmid, G.; Bäuml, M.; Geerkens, M.; Heim, I.; Osemann, C.; Sawitowski, T., Current and future applications of nanoclusters. *Chemical Society Reviews* **1999**, 28 (3), 179- 185.
- [2] Wang, L.; Hasanzadeh Kafshgari, M.; Meunier, M., Optical Properties and Applications of Plasmonic-Metal Nanoparticles. *Advanced Functional Materials* **2020**, 30 (51), 2005400.
- [3] Zhao, D.; Feng, J.; Huo, Q.; Melosh, N.; Fredrickson, G. H.; Chmelka, B. F.; Stucky, G. D., Triblock copolymer syntheses of mesoporous silica with periodic 50 to 300 angstrom pores. *science* **1998**, 279 (5350), 548-552.
- [4] Da Silva, F. d. C.; Costa, M. d. S.; da Silva, L.; Batista, A.; da Luz, G., Functionalization methods of SBA-15 mesoporous molecular sieve: a brief overview. *SN Applied Sciences* **2019**, 1 (6), 1-11.
- [5] Sureshkumar, K.; Shanthi, K.; Sasirekha, N.; Jegan, J.; Basha, S. S., A study on catalytic activity of modified Ni–Re/Al-SBA-15 catalyst for hydrodenitrogenation of o- toluidine. *International journal of hydrogen energy* **2020**, 45 (7), 4328-4340.
- [6] Reddy, S. S.; Raju, B. D.; Padmasri, A.; Prakash, P. S.; Rao, K. R., Novel and efficient cobalt encapsulated SBA-15 catalysts for the selective oxidation of cyclohexane. *Catalysis Today* **2009**, 141 (1-2), 61-65.
- [7] Moogi, S.; Lee, I.-G.; Park, J.-Y., Effect of La₂O₃ and CeO₂ loadings on formation of nickel- phyllosilicate precursor during preparation of Ni/SBA-15 for hydrogen-rich gas production from ethanol steam reforming. *International journal of hydrogen energy* **2019**, 44 (56), 29537-29546.
- [8] Wang, L.; He, H.; Zhang, C.; Sun, L.; Liu, S.; Yue, R., Excellent antimicrobial properties of silver-loaded mesoporous silica SBA-15. *Journal of applied microbiology* **2014**, 116 (5), 1106-1118.
- [9] Köhn, R.; Fröba, M., Nanoparticles of 3d transition metal oxides in mesoporous MCM-48 silica host structures: Synthesis and characterization. *Catalysis Today* **2001**, 68 (1- 3), 227-236.
- [10] Zhu, W.; Han, Y.; An, L., Silver nanoparticles synthesized from mesoporous Ag/SBA- 15 composites. *Microporous and mesoporous materials* **2005**, 80 (1-3), 221-226.
- [11] Hornebecq, V.; Antonietti, M.; Cardinal, T.; Treguer-Delapierre, M., Stable silver nanoparticles immobilized in mesoporous silica. *Chemistry of materials* **2003**, 15 (10), 1993- 1999.
- [12] Plyuto, Y.; Berquier, J.-M.; Jacquiod, C.; Ricolleau, C., Ag nanoparticles synthesised in template-structured mesoporous silica films on a glass substrate. *Chemical Communications* **1999**, (17), 1653-1654.
- [13] Tang, Y.; Yang, M.; Dong, W.; Tan, L.; Zhang, X.; Zhao, P.; Peng, C.; Wang, G., Temperature difference effect induced self-assembly method for Ag/SBA-15 nanostructures and their catalytic properties for epoxidation of styrene. *Microporous and mesoporous materials* **2015**, 215, 199-205.
- [14] Khirsariya, P.; Upadyay, A.; Mewada, R. K., Cyclohexane Oxidation using Ag-SBA- 15. **2013**.
- [15] Qin, Y.; Qu, Z.; Dong, C.; Huang, N., Effect of pretreatment conditions on catalytic activity of Ag/SBA-15 catalyst for toluene oxidation. *Chinese Journal of Catalysis* **2017**, 38 (9), 1603-1612.

- [16] Anand, N.; Reddy, K. H. P.; Prasad, G. V. S.; Rao, K. S. R.; Burri, D. R., Selective benzylic oxidation of alkyl substituted aromatics to ketones over Ag/SBA-15 catalysts. *Catalysis Communications* **2012**, *23*, 5-9.
- [17] Sadjadi, S.; Heravi, M., Current advances in the utility of functionalized SBA mesoporous silica for developing encapsulated nanocatalysts: state of the art. *RSC Advances* **2017**, *7* (49), 30815-30838.
- [18] Vandarkuzhali, S. A. A.; Pachamuthu, M.; Srinivasan, V.; Mohamed, S. K.; Abd- Rabboh, H. S.; Hamdy, M. S.; Balamurugan, V., Efficient reduction of dyes to leuco form over silver nanoparticles on functionalised SBA-15 and aminoclay. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* **2020**, 1-14.
- [19] Taratayko, A.; Larichev, Y.; Zaikovskii, V.; Mikheeva, N.; Mamontov, G., Ag– CeO₂/SBA-15 composite prepared from Pluronic P123@ SBA-15 hybrid as catalyst for room-temperature reduction of 4-nitrophenol. *Catalysis Today* **2020**.
- [20] Zhao, Y.; Ren, Y.; Zhang, R.; Zhang, L.; Yu, D.; Jiang, L.; Elfalleh, W., Preparation of hydrogenated soybean oil of high oleic oil with supported catalysts. *Food bioscience* **2018**, *22*, 91-98.
- [21] Zheng, J.; Lin, H.; Wang, Y.-n.; Zheng, X.; Duan, X.; Yuan, Y., Efficient low- temperature selective hydrogenation of esters on bimetallic Au–Ag/SBA-15 catalyst. *Journal of Catalysis* **2013**, *297*, 110-118.
- [22] Wisniewska, J.; Dziedzic, I.; Ziolk, M., A platinum promoted Ag/SBA-15 catalyst effective in selective oxidation of methanol—design and surface characterization. *RSC Advances* **2020**, *10* (25), 14570-14580.
- [23] Wu, L.; Ye, F.; Lei, D.; Miao, G.; Liu, B.; Li, Z.; Xiao, J., Regeneration of Ag XO@ SBA-15 for reactive adsorptive desulfurization of fuel. *Petroleum Science* **2018**, *15* (4), 857- 869.
- [24] Tkachenko, O. S.; Souza, L. V.; Deon, M.; Becker, E. M.; de Menezes, E. W.; Arenas, L. T.; Benvenuti, E. V., AgNP-decorated SBA-15 for MWCNT Paste Modified Electrode: A Sensor for Simultaneous Voltammetric Determination of Paracetamol and Sulfamethoxazole. *Electroanalysis* **2021**, *33* (1), 29-37.
- [25] Pandey, S.; Do, J. Y.; Kim, J.; Kang, M., Fast and highly efficient catalytic degradation of dyes using κ-carrageenan stabilized silver nanoparticles nanocatalyst. *Carbohydrate polymers* **2020**, *230*, 115597.
- [26] Banerjee, S., Nanoparticle-Based Delivery of Phytochemical Compounds Against Major Maladies: Cancer, Diabetes, and Cardiovascular Disease. In *Plant-derived Bioactives*, Springer: 2020; pp 591-619.
- [27] Zhang, Z.; Luo, Y.; Guo, Y.; Shi, W.; Wang, W.; Zhang, B.; Zhang, R.; Bao, X.; Wu, S.; Cui, F., Pd and Pt nanoparticles supported on the mesoporous silica molecular sieve SBA- 15 with enhanced activity and stability in catalytic bromate reduction. *Chemical Engineering Journal* **2018**, *344*, 114-123.
- [28] Deng, L.; Miura, H.; Ohkubo, T.; Shishido, T.; Wang, Z.; Hosokawa, S.; Teramura, K.; Tanaka, T., The importance of direct reduction in the synthesis of highly active Pt– Sn/SBA-15 for n-butane dehydrogenation. *Catalysis Science & Technology* **2019**, *9* (4), 947- 956.
- [29] Miao, K.-k.; Luo, X.-l.; Wang, W.; Guo, S.-f.; Cao, F.-j.; Hu, Y.-q.; Chang, P.-m.; Feng, G.-d., One-step synthesis of Cu–SBA-15 under neutral condition and its oxidation catalytic performance. *Microporous and*

mesoporous materials **2019**, 289, 109640.

[30] Chaudhary, V., Synthesis and catalytic activity of SBA-15 supported catalysts for styrene oxidation. Chinese journal of chemical engineering **2018**, 26 (6), 1300-1306.

[31] Lakhi, K. S.; Singh, G.; Kim, S.; Baskar, A. V.; Joseph, S.; Yang, J.-H.; Ilbeygi, H.; Ruban, S. J.; Vu, V. T.; Vinu, A., Mesoporous Cu-SBA-15 with highly ordered porous structure and its excellent CO₂ adsorption capacity. Microporous and mesoporous materials **2018**, 267, 134-141.

[32] Lee, X.; Chew, T.; Oh, P.; Ho, C.; Ong, Y. In Synthesis and Characterization of MSU-2 for CO₂ Adsorption, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing: 2020; p 012076.

[33] Xu, J.; Qu, Z.; Ke, G.; Wang, Y.; Huang, B., Catalytic activity of gold-silver nanoalloys for HCHO oxidation: Effect of hydroxyl and particle size. Applied Surface Science **2020**, 513, 145910.

[34] Dhal, J. P.; Dash, T.; Hota, G., Iron oxide impregnated mesoporous MCM-41: synthesis, characterization and adsorption studies. Journal of Porous Materials **2020**, 27 (1), 205-216.

[35] Rahmani, A.; Rahimzadeh, H.; Samadi, M.-T.; Farmani, A.; Asgari, G., Bisphenol S degradation using Fe-SBA-15/UV/US/peroxymonosulfate: performance optimization, biodegradability, mineralization and toxicity studies. Desalination and Water Treatment **2019**, 163, 297-309.

[4] A. A. Ayachi, "Synthèse des nanoparticules d'oxydes métalliques pour des applications photocatalytiques solaires," 2015. [5] W. Bekhti, "Synthèse par voie hydrothermale et caractérisation des micro/nanostructures d'Oxyde de Zinc," Lyon 1, 2015.

[10] M. Goutayer, « Nano-émulsions pour la vectorisation d'agents thérapeutiques diagnostiques ; étude de la biodistribution par imagerie de fluorescence in vivo », Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie. (2008).

[11] Mahamed, a. K: Fadill, z, a and S, IHusein F.I. Ak mas Demir. Synthesis of Zircuin nanoparticle in Dw solution. Journal of materialscience Engineering. 2003, B3(6);364-368.

[12] N.H. Abd Ellah, S.A. Abouelmagd, Surface functionalization of polymeric nanoparticles for tumor drug delivery: approaches and challenges Expert Opin. Drug Deliv., 1–14 (2016).

[13] Faure, synthesis. Salntariazar-Alvares, G and Anwar Alngas. Dispersio and surface functionalization of oxide nanoparticle science and Technology of Advanced materials. 2013. 4 (2)

[14] S, Mimard, j. M. Synthesis of gold nanoparticle for biomolecular recognition proques. 2007. P35

[15] Ared M. R and Rezaei-Zarchis S. Synthesis of zink oxide nanoparticle and their effect on the compressive strength of molecular science (IJMS) 2012. 13(4):4340-4350.

[16] J. Gross, S. Sayle, A.R. Karow, U. Bakowsky, P. Garidel Nanoparticle tracking analysis of particle size and concentration detection in suspensions of polymer and protein samples: Influence of experimental and data evaluation parameters Eur. J. Pharm. Biopharm., 104 (2016), pp. 30-4

[17] A. Mboniyiryvuzze, S. Zongo, A. Diallo, S. Bertrand, E. Minani, L. Lal Yadav, B.Mwakikunga, S. Mokhotjwa Dhlamini, M. Maaza, Titanium Dioxide Nanoparticles Biosynthesis for Dye Sensitized Solar Cells application: Review, Physics and Materials Chemistry, Vol. 3, No. 1, 2015, pp 12-17.

[62] Narendra Kumar and Sunita Kumbhat (2016), —Essentials in Nanoscience and Nanotechnologyl Published 2016 by John Wily & Sons, Inc, pp 31-74

[63] K. GNANAPRAKASAM DHINAKAR, Synthesis methods of nanoparticles

[64] C. Dhand, N. Dwivedi, X. J. Loh, A. N. J. Ying, N. K. Verma, R. W. Beuerman, R. Lakshminarayanan and S. Ramakrishna, Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview, RSC Adv., 2015,5, 105003- 105037.

[65] Mudshinge S R, Deore A B, Patil S and Bhalgat C M 2011 Nanoparticles: Emerging carriers for drug delivery Saudi Pharm. J. 19 129-41.

[23] Zerrouki C., « La rugosité nanométrique des surfaces polies : étude expérimentale par diffusion de la lumière Application à l'étude des étalons de masse en alacrite XSH », Thèse de Doctorat du CNAM, 1998.

[24] Silvestri Z. et Pinot P., "Thermal Desorption mass Spectrometry (TDS). Application on mass metrology", Congrès international IMEKO, Lisbonne, Portugal, septembre 2009.

(56) LEGHIGHANE, B., Etude des composés n-ZnO et p-ZnO et leur application en optoélectronique, 2015, Ecole nationale polytechnique d'Oran.

(57) Diouf, A.A., Etude des propriétés optiques de photoluminescence et de réflectivité de couches minces de ZnO épitaxiées sous jets moléculaires et détermination à l'aide du modèle d'Ising des propriétés ferromagnétiques de nanomatériaux de ZnO dopés par des impuretés magnétiques, 2017, Cheikh Anta Diop University.

(58) Brochen, S., Propriétés électriques du ZnO monocristallin, 2012, Grenoble.

[62] - **Ruparelia, et al.** 2008, Strain Specificity in Antimicrobial Activity of Silver and Copper Nanoparticles.

[63]- <https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/chimie-argent-metal-precieux-731/page/2/>.

[64]- **Centre d'Information du Cuivre, Laitons et Alliages.** 2010, Antimicrobial Copper. [En ligne]. www.antimicrobialcopper.com.

[65]- I N E R I S - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. [En ligne] Mars 2015. file:///C:/Users/MiNoUcHa/Downloads/Cuivre%20(1).pdf.

[66]- SUPERPROF.FR. [En ligne] <https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/tout-niveau/tableau-periodique/metal-precieux.html>.

[77] **G, Dorra, Amira Z et & Boumaaza sara.** juin 2013, Activité antibactériennes des nanoparticules métalliques vis-à-vis de quelque bactérie pathogène . Guelma : Université 08 mai 1945.

[78] **Rajeshkumar, S et Malarkodi, C.** 17 septembre 2014, In Vitro Antibacterial Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles against Foodborne Pathogens. s.l. : the Creative Commons Attribution License, Hindawi Publishing Corporation Bioinorganic Chemistry and Applications.

[79] **Soleimani, Mohammad et Habibi-Pirkoohi, Maziar.** 2017, Biosynthesis of silver nanoparticles using *Chlorella vulgaris* and evaluation of the antibacterial efficacy against *Staphylococcus aureus*. s.l. : University of Medical Sciences, Tehran, Iran, , Avicenna J Med Biotech.

[80] **Suwan, Tamsiri, et al.** 27 octobre 2018, Effect of rice variety and reaction parameters on synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles. s.l. : Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Drug Discoveries & Therapeutics.

[81] **Fernando, SSN, Gunasekara, TDCP et Holton, J.** 23 avril 2018, Antimicrobial Nanoparticles: applications and mechanisms of action. s.l. : Creative Commons Attribution License, , Sri Lankan Journal of Infectious Diseases, pp. 4-5.

[82] **Rai, Mahendra et Kon, Kateryna.** 2016, Antibiotic Resistance: Can Nanoparticles Tackle the Problem?

s.l. : Elsevier Inc, Academic Press, p. 126.

[83] **Danguy Cavassin, Emerson, et al.** 2015, Comparison of methods to detect the in vitro activity of silver nanoparticles (AgNP) against multidrug resistant bacteria. s.l. : the Creative Commons Attribution 4.0 International License, Journal Nanobiotechnology.

[84] **Li, Runze, et al.** 29 novembre 2016, Synergistic reaction of silver nitrate, silver nanoparticles, and methylene blue against bacteria. s.l. : University of California, PNAS.

[85] **Ameh, Thelma et M. Sayes, Christie.** 5 juillet 2019, The potential exposure and hazards of copper nanoparticles. s.l. : Elsevier B.V., Environmental Toxicology and Pharmacology, p. 10322

Partie B: Expérimentation

I.	Matériel	24
	Matériel biologique.....	24
	Souches bactériennes	24
	Matériel chimique	25
II.	Méthodes	26
	Synthèse de nanoparticules de ZnO par la méthode de Co-précipitation.....	26
	Préparation des souches bactériennes	28
	Activité antibactérienne.....	28
	Antibiogramme	28
	Activité antibactérienne des nanoparticules d'oxyde de zinc.....	29

Résultats & discussions

Partie II

Expérimentation

Les nanoparticules d'oxydes métalliques notamment, sont apparues comme des candidats prometteurs pour une nouvelle génération de composés actifs. La recherche pour la conception et le développement de nouvelles substances à activité antibactérienne alternatives aux antibiotiques conventionnels constitue un enjeu scientifique très important. Dans ce contexte, le présent travail porte sur l'évaluation de l'activité antibactérienne de nanoparticules d'oxyde de Zinc (ZnO), l'oxyde de Cuivre et Ag NPs contre 04 souches bactériennes.

L'ensemble des expérimentations a été réalisé au niveau du laboratoire de Microbiologie, Faculté des Sciences et de Technologie Université Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib laboratoire de Microbiologie,

I. Matériel

➤ Matériel biologique

Souches bactériennes

Les souches bactériennes ont été procurées du laboratoire de microbiologie. Les souches ont été repiquées sur gélose nutritive et conservées au réfrigérateur à 4°C pour des tests ultérieurs. Le Gram et le pouvoir pathogène de ces micro-organismes sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Pathogénicité des souches testées.

Souche	Gram	Pouvoir pathogène
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gram -	-Infections nosocomiales. -Infections chez les immunodéprimés.
<i>Escherichia coli</i>	Gram -	-Infections urinaires, diarrhées, cholécystites. -Des infections hospitalières et communautaires. -Infections du tractus -Infections nosocomiales -Gastro entérite infantile.
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Gram+	-Infections cutanées : furoncles, abcès. -Infections ORL -Infections des plaies. -Infections urinaires.
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	Gram+	Voir <i>S. aureus</i>

Matériel chimique

➤ première partie : préparation des agents antibactériens)

- Les nanoparticules d'Oxyde de Zinc (NPs de ZnO) (synthétisées par la technique de précipitation chimique)
- Oxyde de cuivre
- Les nanoparticules d'Argent (Ag NPs) (synthétisées par la technique de précipitation chimique)
- Ag NO₃ (préparation des trois concentrations 0.5 M , 1M et 2M)

➤ deuxième partie : préparation de peinture

➤ troisième partie :

- mélanger les agents antibactériens avec la peinture préparée dans le laboratoire.
- mélanger les agents antibactériens avec une peinture commerciale.

II. Méthodes

Préparation des souches bactériennes

Pour chacune des souches procurées, un inoculum a été réalisé sur bouillon nutritif, à partir du milieu de conservation puis incubé 24 heures à 37°C. Après 24 heures d'incubation, les différentes souches ont étéensemencées sur gélose nutritive par la méthode des stries, puis incubées dans l'étuve à 37° C pendant 24 heures, afin d'obtenir une culture jeune et des colonies bien isolées servant à préparer d'éventuels inoculum bactériens.

Activité antibactérienne

Antibiogramme

o Principe

C'est un technique qui permet de tester la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un agent antibactérien, nous avons appliqué la méthode de diffusion classique de disques d'antibactérien sur gélose Muller Hinton (MH) qui est un milieu standardisé pour toutes ces bactéries dans une boîte de Pétri contenant la gélose MH suivi d'une incubation à 37°C pendant 24 h

(Joffin et Leyral, 2003).

o Ensemencement

Le milieu Mueller-Hinton est fondu dans un bain-marie et ramené en surfusion puis coulé dans des boites de Pétri. Après solidification, plonger l'écouvillon stérile dans la suspension et éliminer l'excès de liquide en tournant l'écouvillon sur les parois du tube. Frotter la surface entière de la boîte de Pétri trois fois, en faisant tourner la boîte d'environ 60° C entre les stries pour assurer une distribution uniforme.

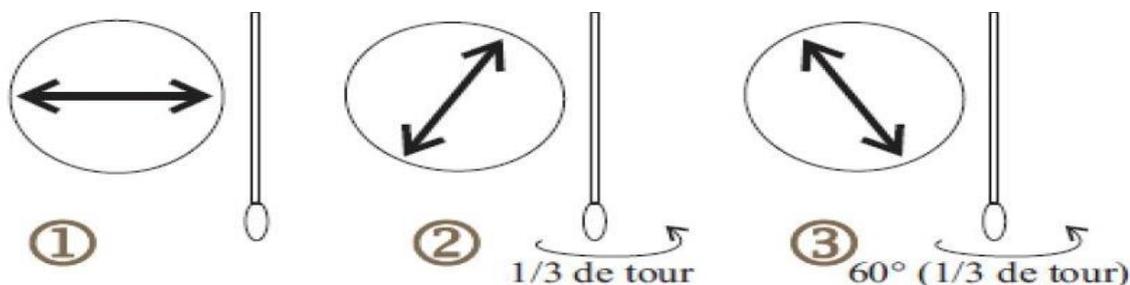


Figure II.11 : méthode d'ensemencement de bactérie sur la boîte pétri.

oApplication des disques d'antibiotique

Les disques d'antibiotiques choisis ont été déposés avec une pince stérile sur la gélose MHensemencée au préalable. Appliquer une légère pression avec une pince ou une aiguille stérile pour assurer un contact complet du disque avec la gélose. Retourner les boîtes et les incuber idéalement dans les 15 min qui suivent le dépôt des disques, sans dépasser 30 min, puis, Incuber 16-24 heures à $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ en aérobiose.

La lecture des résultats se fait par la mesure (en mm), à l'aide d'une règle, du diamètre d'inhibition caractérisé par une zone dépourvue de croissance bactérienne autour du disque. En se référant aux valeurs critiques des antibiotiques (CASFM 2020). Les bactéries sont classées comme étant : sensibles et/ou résistante selon le tableau suivant.

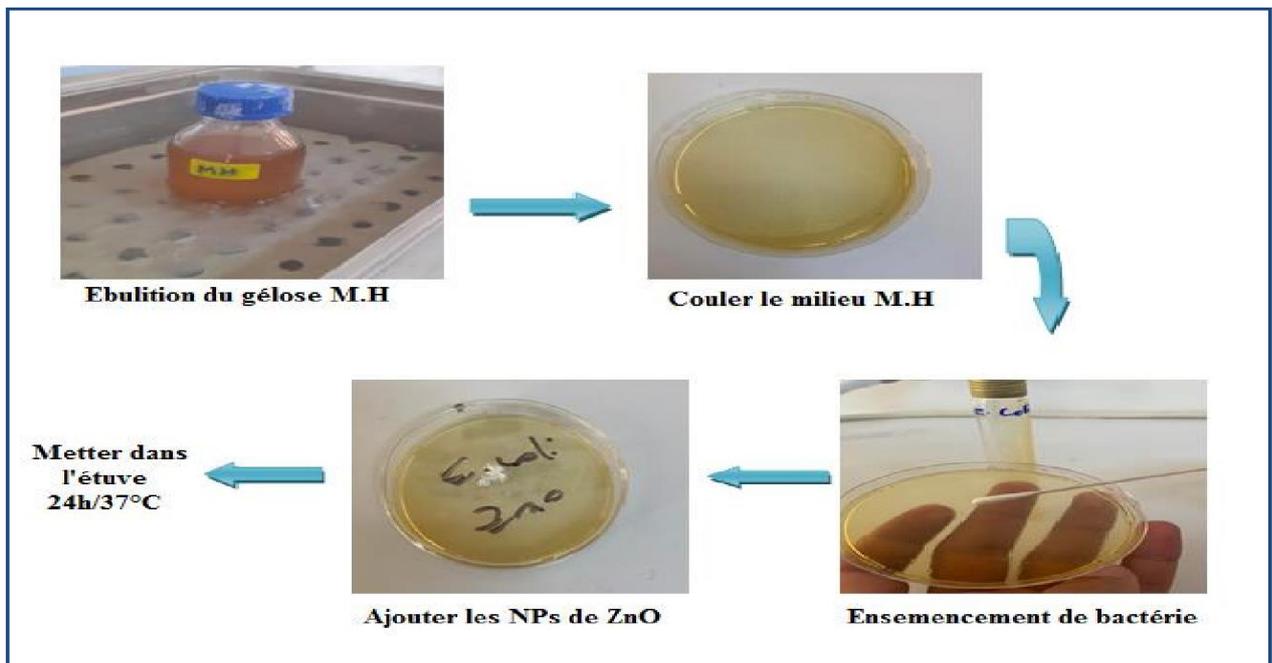


Figure II.12: les étapes d'évaluation l'activité antibactérien des NPs de ZnO sur disque agar.



Figure 11. Sonicateur de type Bandelin sonorex (Germany).

- ✓ Sur des boîtes de Pétri contenant du MH à une hauteur de 4 mm et semi refroidi, on place des billes en verre stériles d'un diamètre de 8 mm afin de former des puits.
- ✓ Après gélification, les billes sont retirées à l'aide d'une pince flambée.

- ✓ Obtention de puits d'une profondeur adéquate pour introduire les concentrations des échantillons et les témoins positifs et négatifs.
- ✓ Après ensemencement par écouvillonnage de la suspension bactérienne, les échantillons sont versés dans les puits correspondants.
- ✓ Incuber les boîtes à $35^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ pendant 24 h (fig.12). Tous les essais sont réalisés en triplicatas.

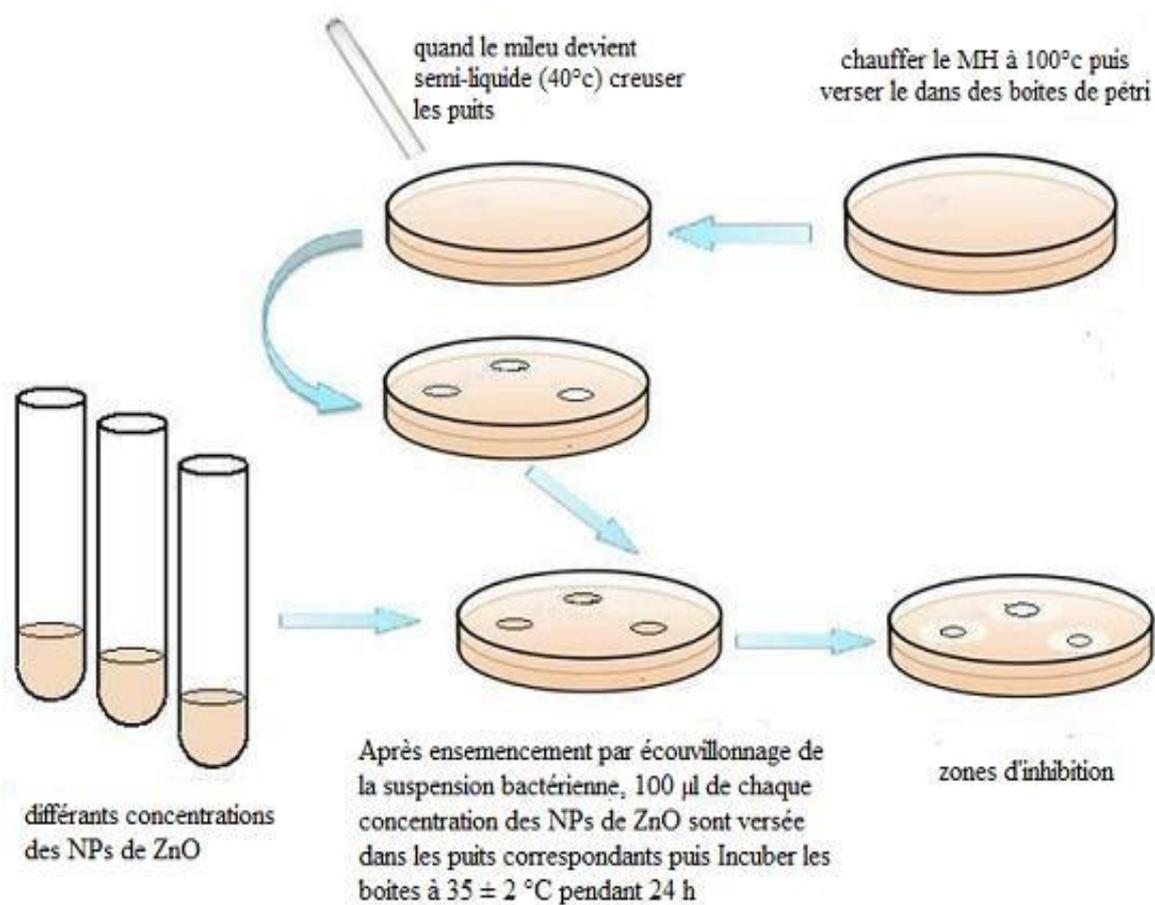


Figure 12. Activité antibactérienne des nanoparticules (méthode des puits).

Résultats et discussion

I. Résultats de l'antibiogramme

Après 24 heures d'incubation de la culture bactérienne en présence des ATBs sélectionnées selon les souches, des zones d'inhibition caractéristiques de l'effet de ces ATBs sont apparues. La mesure du diamètre de ces zones est représentée par les tableaux (Joffin et Leyral, 2003).

D'après le tableau ci-dessous, on constate une divergence dans la réponse des souches vis-à-vis des antibactériens testés. Cependant, les espèces *E. coli*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 43300 et *Pseudomonas aeruginosa* se montrent tolérantes vis-à-vis les échantillons testés.

Tableau 1: Résultats de l'antibiogramme des agents antibactériennes testés.

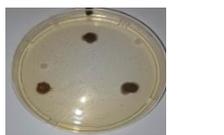
BACTERIES ECHANTILLONS		<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25922	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Ag NPs	2.5%	21	22	20	14
	05%	22	22	22	16
	10%	25	26	22	18
Ag NO ₃	0.5M	20	+20	23	25
	1M	+20	20	25	22
	2M	16	+20	25	20
Ag NPs	E.Coli				
	S.a 25922				
	S.a 43300				
	P.a				

Tableau 2: Figures des Résultats de l'antibiogramme des agents antibactériennes testés.

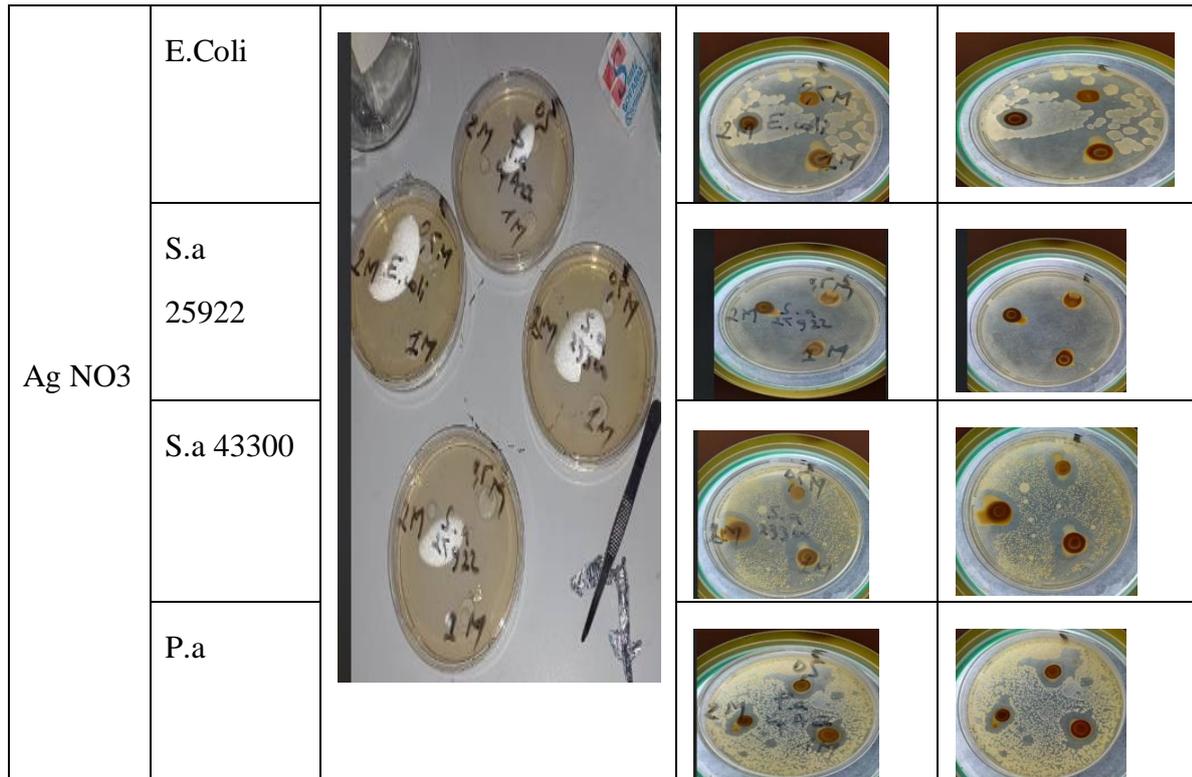


Tableau 3: Figures des Résultats de l'antibiogramme des agents antibactériennes testés.

BACTERIES ECHANTILLONS		<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25922	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Peinture Préparé	0.5M	+20	+20	29	27
	1M	+20	+20	30	28
	2M	+20	+20	30	27
	Ag NPs 15%	+20	+20	28	23
	Témoin	+20	+20	27	26

Tableau 4: Résultats de l'antibiogramme des peintures préparé avec les agents antibactériennes testés.

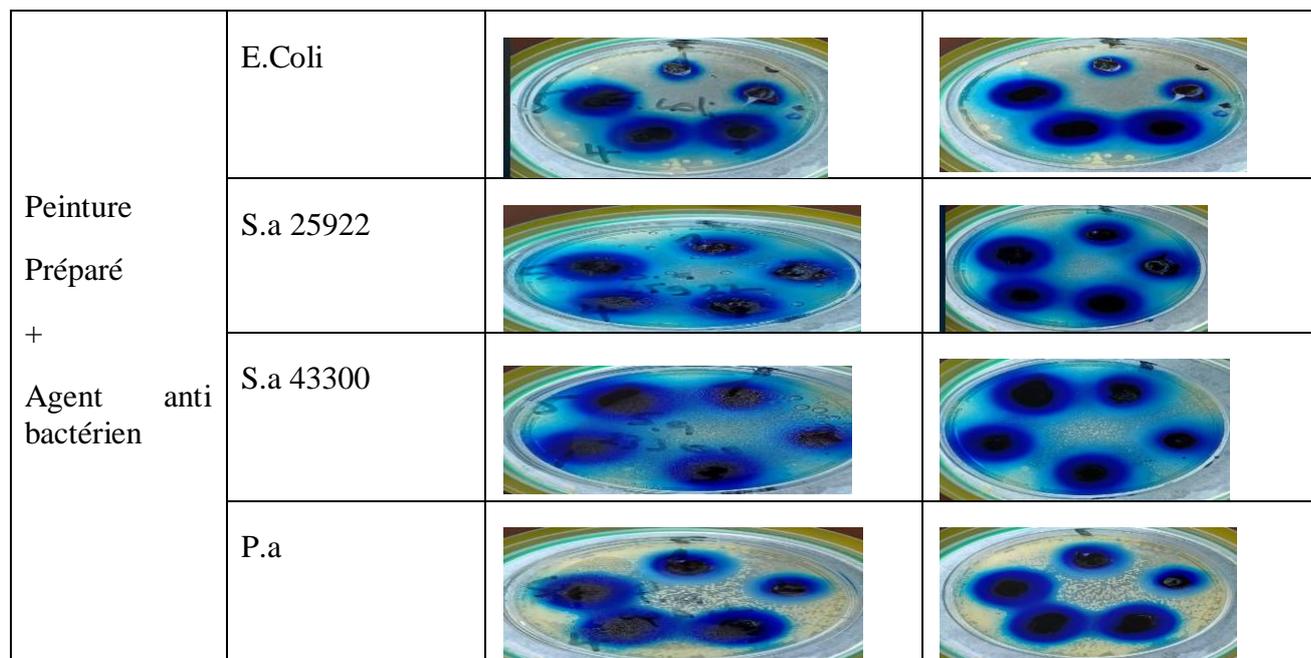
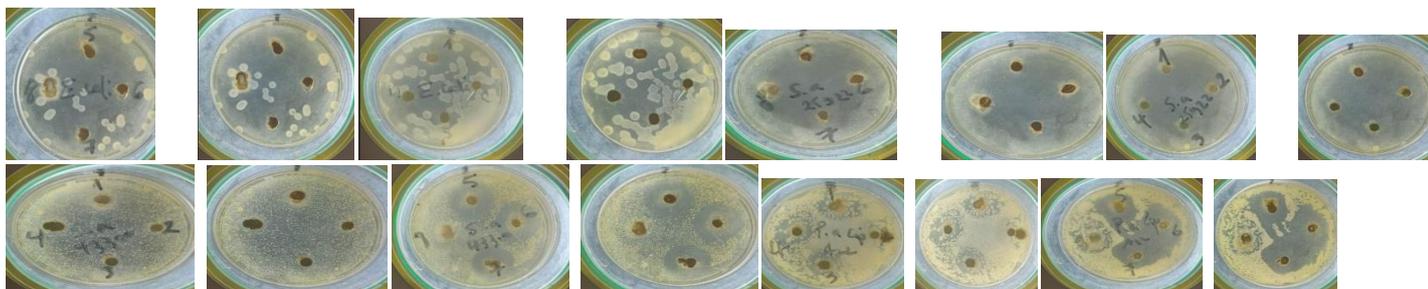


Tableau 5: Figures des Résultats de l'antibiogramme de la Peinture Préparé + Agent anti bactérien

N°	BACTERIES		<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25922	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 43300	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	ECHANTILLONS					
1	Peinture commerciale	Témoin	14	00	00	15
2	Peinture commerciale +	0.5M	11	16	00	00
3		1M	20	14	09	16
4		2M	18	20	14	21
5	Peinture commerciale + AgNO ₃	0.5M	+30	29	23	23
6		1M	+30	+30	29	25
7		2M	30	25	25	27
8	Peinture commerciale + TiO ₂	/	00	00	00	00

Tableau 6: Figures des Résultats de l'antibiogramme Peinture commerciale + Agent anti bactérien

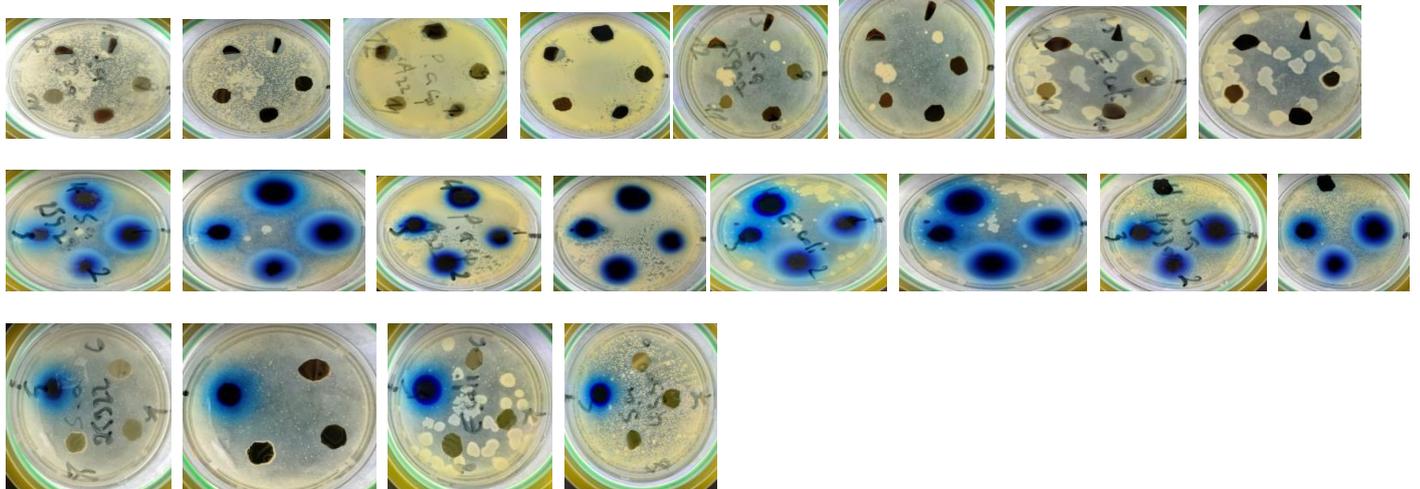


Peinture Préparé + Agent anti bactérien(pour 2, 3, 4 et 5)

Après les bons et efficaces résultats montrés par les expériences, nous avons décidé d'expérimenter avec les peintures pendant qu'elles étaient sèches, afin de montrer leur efficacité après un certain temps. Les résultats étaient comme indiqué dans le tableau et les images suivants :

Tableau 7: Figures des Résultats de l'antibiogramme du Peinture commerciale + Agent anti bactérien

N°	BACTERIES		<i>E. coli</i>	<i>Staphylococcus aureus ATCC 25922</i>	<i>Staphylococcus aureus ATCC 43300</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	ECHANTILLONS					
1	Peinture préparé	Témoin	30	30	27	15
2	Peinture préparé	Ag Nps	30	25	27	20
3	Peinture préparé +	0.5M	20	20	18	15
4		1M	23	24	00	17
5		2M	20	23	18	16
6	Peinture commerciale	Témoin	15	16	11	00
7	Peinture commerciale + Cu NO ₃	0.5M	00	15	00	00
8		1M	15	21	12	00
9		2M	00	00	00	00
10	Peinture commerciale + Ag NO ₃	0.5M	17	00	14	12
11		1M	00	00	00	00
12		2M	13	00	11	13
13	Peinture commerciale + TiO ₂	/	11	00	16	16



Figures de l'antibiogramme du Peinture séchés + Agent anti bactérien

Discussion :

cette étude met en évidence l'efficacité des nanomatériaux à base d'argent (Ag/SBA15), de cuivre (Cu/SBA15) et d'oxyde de zinc (ZnO) pour développer des peintures antibactériennes. Les résultats obtenus démontrent leur capacité à inhiber la croissance bactérienne et à prévenir la formation de biofilms, ce qui en fait des candidats prometteurs pour améliorer l'hygiène et la sécurité dans diverses applications.

Les nanomatériaux Ag/SBA15, Cu/SBA15 et ZnO ont montré une libération contrôlée d'ions métalliques, qui interfèrent avec les membranes cellulaires des bactéries, perturbant leur fonctionnement et entraînant leur mort. Cette action antibactérienne a été démontrée à la fois in vitro et in situ, validant ainsi l'efficacité de ces nanomatériaux dans des conditions réelles.

De plus, ces nanomatériaux ont également présenté d'autres avantages, tels que l'amélioration de la durabilité des revêtements, la résistance à l'usure et aux produits chimiques. Ils ont pu être intégrés avec succès dans différents types de peintures et ont montré une bonne adhérence aux substrats couramment utilisés.

Cependant, il est important de souligner que des préoccupations subsistent quant à la stabilité et à la libération de ces nanomatériaux dans l'environnement, ainsi qu'à leur toxicité potentielle. Des études approfondies sur ces aspects sont nécessaires pour garantir leur utilisation en toute sécurité.

Les nanomatériaux Ag/SBA15, Cu/SBA15 et ZnO ont démontré leur capacité à conférer des propriétés antibactériennes efficaces aux peintures. Leur utilisation peut contribuer à maintenir des surfaces hygiéniques et à prévenir la propagation des infections. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour résoudre les problèmes liés à la sécurité environnementale et à la toxicité, afin de permettre une utilisation plus répandue de ces nanomatériaux dans les applications industrielles et domestiques.

Conclusion générale

En conclusion, cette étude met en évidence l'efficacité des nanomatériaux à base d'argent (Ag/SBA15), de cuivre (Cu/SBA15) et d'oxyde de zinc (ZnO) pour développer des peintures antibactériennes. Les résultats obtenus démontrent leur capacité à inhiber la croissance bactérienne et à prévenir la formation de biofilms, ce qui en fait des candidats prometteurs pour améliorer l'hygiène et la sécurité dans diverses applications.

Les nanomatériaux Ag/SBA15, Cu/SBA15 et ZnO ont montré une libération contrôlée d'ions métalliques, qui interfèrent avec les membranes cellulaires des bactéries, perturbant leur fonctionnement et entraînant leur mort. Cette action antibactérienne a été démontrée à la fois in vitro et in situ, validant ainsi l'efficacité de ces nanomatériaux dans des conditions réelles.

De plus, ces nanomatériaux ont également présenté d'autres avantages, tels que l'amélioration de la durabilité des revêtements, la résistance à l'usure et aux produits chimiques. Ils ont pu être intégrés avec succès dans différents types de peintures et ont montré une bonne adhérence aux substrats couramment utilisés.

Cependant, il est important de souligner que des préoccupations subsistent quant à la stabilité et à la libération de ces nanomatériaux dans l'environnement, ainsi qu'à leur toxicité potentielle. Des études approfondies sur ces aspects sont nécessaires pour garantir leur utilisation en toute sécurité.

Les nanomatériaux Ag/SBA15, Cu/SBA15 et ZnO ont démontré leur capacité à conférer des propriétés antibactériennes efficaces aux peintures. Leur utilisation peut contribuer à maintenir des surfaces hygiéniques et à prévenir la propagation des infections. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour résoudre les problèmes liés à la sécurité environnementale et à la toxicité, afin de permettre une utilisation plus répandue de ces nanomatériaux dans les applications industrielles et domestiques.

Résumé

Une peinture antibactérienne est un type de revêtement qui est spécialement conçu pour inhiber la croissance des bactéries sur les surfaces peintes. Ces peintures ont gagné en popularité en raison de leurs propriétés hygiéniques et de leur capacité à réduire la propagation des infections et des maladies.

La peinture antibactérienne peut être utilisée dans divers environnements, tels que les hôpitaux, les établissements de soins de santé, les cuisines, les salles de bains, les écoles, les crèches, les laboratoires et d'autres zones à forte densité de population. Elle peut être appliquée sur différentes surfaces, y compris les murs, les plafonds, les meubles, les poignées de porte et d'autres éléments susceptibles d'entrer en contact avec des micro-organismes.

Les peintures antibactériennes utilisent différentes technologies pour inhiber la croissance bactérienne. Certaines formulations contiennent des agents antimicrobiens, tels que des composés à base d'argent, de cuivre, de zinc ou d'autres métaux, qui agissent en perturbant les membranes cellulaires des bactéries et en interférant avec leur métabolisme, entraînant leur mort.

D'autres formulations de peinture antibactérienne peuvent utiliser des nanoparticules, comme des nanoparticules d'argent, de cuivre ou d'autres matériaux antibactériens, qui sont incorporées dans la peinture. Ces nanoparticules libèrent lentement des ions antimicrobiens qui ciblent et détruisent les bactéries présentes sur les surfaces peintes.

Les nanomatériaux offrent des possibilités passionnantes pour développer des peintures dotées de propriétés antibactériennes, contribuant ainsi à l'amélioration de l'hygiène et de la sécurité dans diverses applications.

Les nanomatériaux, tels que les nanoparticules métalliques, les nanotubes de carbone et les nanocomposites, sont utilisés pour renforcer les propriétés antimicrobiennes des peintures. Les nanoparticules métalliques les plus couramment utilisées sont l'argent, le cuivre et le zinc, qui ont démontré leur capacité à inhiber la croissance des bactéries et à éliminer les microbes pathogènes.

Lorsque ces nanomatériaux antibactériens sont incorporés dans les revêtements, ils agissent en tant qu'agents actifs qui libèrent progressivement des ions métalliques. Ces ions interagissent avec la membrane cellulaire des bactéries, perturbant leur fonctionnement et entraînant leur mort. De plus, les nanomatériaux peuvent également inhiber la formation de biofilms, qui sont des communautés de bactéries résistantes souvent présentes sur les surfaces peintes.

Outre leur efficacité antimicrobienne, les peintures à base de nanomatériaux présentent d'autres avantages. Elles peuvent améliorer la durabilité des revêtements en renforçant leur résistance à l'usure, aux rayures et aux produits chimiques. De plus, ces revêtements peuvent être appliqués sur une large gamme de substrats, tels que le métal, le bois, le plastique et le verre.

Cependant, il est important de noter que certaines préoccupations persistent concernant l'utilisation des nanomatériaux. La stabilité des nanoparticules dans l'environnement et leur potentiel de libération dans l'air ou l'eau suscitent des inquiétudes quant à leur impact sur la santé humaine et l'environnement. Par conséquent, des études approfondies sur la toxicité des nanomatériaux et des méthodes de fabrication sûres sont nécessaires pour garantir leur utilisation responsable.

Les nanomatériaux Ag/SBA15, Cu/SBA15 et ZnO ont montré une libération contrôlée d'ions métalliques, qui interfèrent avec les membranes cellulaires des bactéries, perturbant leur fonctionnement et entraînant leur mort. Cette action antibactérienne a été démontrée à la fois *in vitro* et *in situ*, validant ainsi l'efficacité de ces nanomatériaux dans des conditions réelles.

De plus, ces nanomatériaux ont également présenté d'autres avantages, tels que l'amélioration de la durabilité des revêtements, la résistance à l'usure et aux produits chimiques. Ils ont pu être intégrés avec succès dans différents types de peintures et ont montré une bonne adhérence aux substrats couramment utilisés.

En conclusion, les peintures à base de nanomatériaux antibactériens offrent un moyen prometteur de prévenir la croissance des bactéries et de maintenir des surfaces propres et hygiéniques. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour résoudre les problèmes liés à la sécurité et à l'environnement, afin de permettre une utilisation généralisée de ces matériaux dans les applications commerciales et résidentielles.

ANNEX

BMC

Table des matières

Remerciements

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Fiche technique du projet

Nature du projet

Chapitre 01 : à propos du projet

Introduction générale	8
Problématique	8
La problématique	9
Les gens qui sont concernés par la problématique aux mondes en 2019-2020.....	9
La production du produit	10
Solution.....	10

Chapitre 02 : business model canvas

Proposition de valeur	12
Les concurrent.....	13
Les Clients	13
Relation avec les clients	14
Canaux.....	14
Les canaux préférés par nos clients	14
Les partenaire clés.....	15
Nos partenaire clés	15
Activité clés	16
Ressource clé.....	16
Ressource matérielle.....	17
Ressource humaine.....	18
Ressource financière.....	19
Les couts	20
Les revenues	24
Conclusion	25

Liste des tableaux

<i>Tableau des concurrent</i>	13
<i>Tableau des partenaire clé</i>	15
<i>Tableau des ressources matérielle</i>	17
<i>Tableau des ressources humaine</i>	18
<i>Tableau des ressources financière</i>	19
<i>Tableau des couts 1</i>	21
<i>Tableau des couts 2</i>	22
<i>Tableau des salaires</i>	23
<i>Tableau d'estimation de revenue mensuelle</i>	24



Protection & Santé Pour Vos Surfaces

FICHE TECHNIQUE

Intitulé de projet	BIOP.AIN.T – Peinture Antibactérienne
Numéro de téléphone	(213) 667 220 484
Adresse e-mail	fatimahasni2204@gmail.com
Ville d'activité	Ain Temouchent
	Peinture Aqueuse Avec Des Ingrédients Actifs Qui Proportionnent Une Protection Antibactérienne Pendant La Durée De Vie Du Film.
	Peinture Haute Qualité Excellente Résistance Au Nettoyage Humide (Nettoyage Facile) Et Au Développement De “Moisissures
PROPRIETES	Empêche Le Développement Des Bactéries Jusqu’à 99,99%, Incluant Les Bactéries Pathogènes (Tests Réalisés Dans Le Laboratoire Universitaire
	Inactive Les Bactéries Présentes En 24 Puis 48 Heures Et Même 07 Jrs Après L’application De La Peinture.
	Application Facile Et Bon Rendement.
UTILISATION	Différents Types De Crépis: Sablé, Lisse, Béton, Ciment, Enduits, Etc.

Nature du projet

Notre projet se concentre sur la fabrication et la commercialisation d'une peinture spéciale, plus précisément une peinture à caractère antibactérienne. Nous souhaitons introduire une nouvelle innovation qui intègre une fonction antibactérienne.

L'utilisation d'une peinture antibactérienne peut contribuer à répondre aux exigences réglementaires en matière d'hygiène dans les établissements de soins de santé. Cela permet de maintenir un environnement sûr tant pour les patients que pour le personnel médical. Il est important de souligner que l'utilisation d'une peinture antibactérienne ne doit pas être considérée comme une solution unique pour assurer une hygiène hospitalière optimale. Elle doit être complétée par d'autres mesures de prévention des infections telles que le lavage régulier des mains, le port de gants et de masques appropriés, ainsi que la désinfection régulière des surfaces.

Chapitre 01

A propos du projet

Introduction générale

La pandémie de COVID-19 a recentré l'attention des scientifiques du monde entier sur la production de technologies capables de prévenir la propagation de telles maladies à l'avenir.

Un domaine qui mérite à juste titre une grande attention est la désinfection des établissements de santé tels que les hôpitaux, les espaces publics tels que les salles de bains et les gares, ainsi que les zones de nettoyage de l'industrie alimentaire. Dans la plupart des cas, les microorganismes et les virus peuvent se fixer et survivre sur les surfaces pendant une longue période, ce qui augmente le risque d'infection. L'une des méthodes de désinfection les plus attractives est l'utilisation de peintures et de revêtements contenant des nanoparticules qui agissent comme des photocatalyseurs [1]

L'innovation dans le domaine de la peinture a connu de nombreuses avancées ces dernières années, et l'une des fonctionnalités les plus intéressantes est la capacité antibactérienne. Cette caractéristique permet de créer des surfaces peintes qui sont résistantes aux bactéries et qui contribuent à maintenir un environnement sain et propre.

La peinture antibactérienne est particulièrement utile dans les environnements où l'hygiène est d'une importance capitale, tels que les hôpitaux, les cuisines ou les salles de bains. En empêchant la croissance des bactéries, elle contribue à réduire la propagation des maladies et des infections. De plus, elle permet de maintenir une apparence esthétique en évitant les taches et les moisissures causées par les bactéries.

La technologie utilisée derrière la fonction antibactérienne de la peinture repose souvent sur l'incorporation d'agents antimicrobiens. Ces agents sont intégrés à la peinture et agissent en tuant ou en inhibant la croissance des bactéries. L'argent, le cuivre ou le zinc sont quelques exemples couramment utilisés d'agents antimicrobiens.

D'autres innovations dans le domaine de la peinture antibactérienne comprennent l'utilisation de matériaux nanotechnologiques. Ces matériaux permettent de créer des surfaces auto-nettoyantes, où les bactéries sont automatiquement éliminées lorsqu'elles entrent en contact avec la surface peinte.

En plus de leur fonction antibactérienne, certaines peintures innovantes peuvent également présenter d'autres propriétés bénéfiques, telles que la résistance aux taches, à la moisissure ou aux rayons UV. Ces fonctionnalités supplémentaires contribuent à augmenter la durabilité et la résistance de la peinture, tout en offrant une protection supplémentaire.

En résumé, les avancées dans le domaine de la peinture ont permis de développer des produits offrant une fonction antibactérienne. Cette fonctionnalité est essentielle pour améliorer l'hygiène et prévenir la propagation des maladies, en particulier dans des environnements sensibles tels que les hôpitaux, les cuisines et les salles de bains. Grâce à l'utilisation d'agents antimicrobiens et de la technologie nanotechnologique, ces peintures offrent des surfaces résistantes aux bactéries tout en préservant l'esthétique et la durabilité.

Reference :

[1] M. Schutte-Smith, E. Erasmus, R. Mogale, N. Marogoa, A. Jayiya, H. Visser, Journal of coatings technology and research, (2023) 1-29.

I. Problématique

- La maladie nosocomiale
- La résistance des bactéries contre les antibiotiques
- La persistance des bactéries sur les surfaces
- L'impact environnemental des méthodes traditionnelles de désinfection

Les segments concernés par la problématique

- ❖ Milieux hospitalières
- ❖ Lieux publics
- ❖ Cliniques médicaux
- ❖ Crèches
- ❖ Hôtels / écoles / restaurants

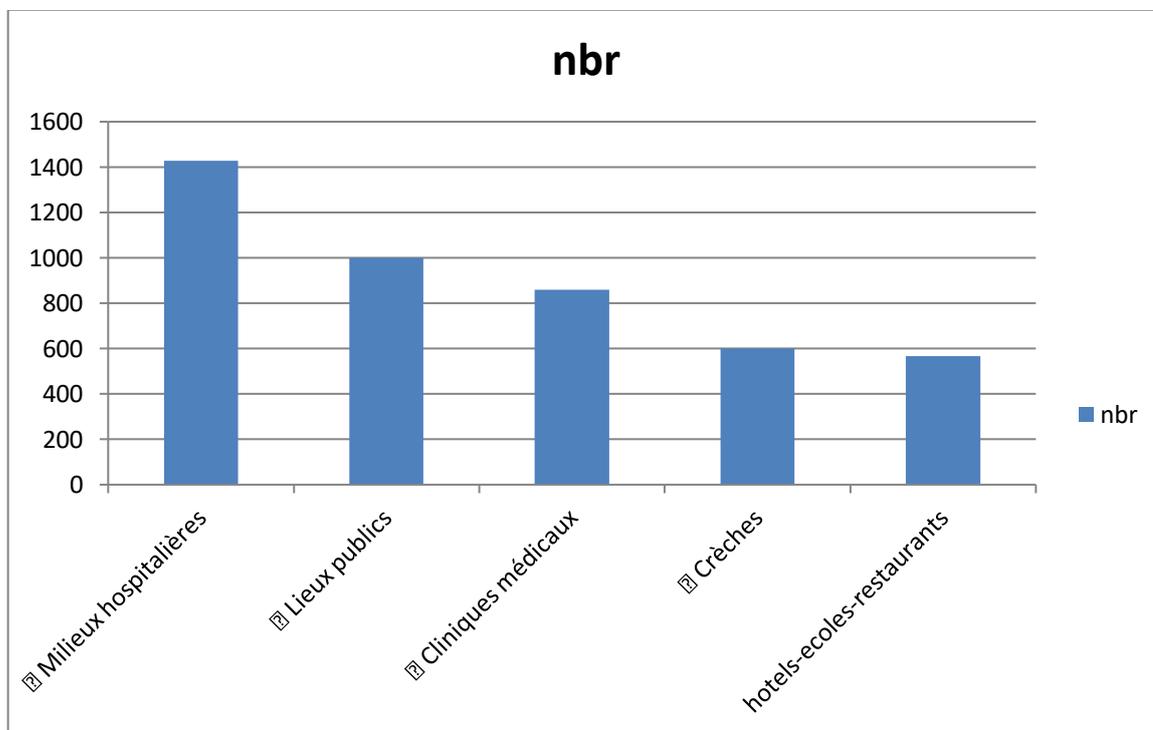


Figure 2 : graphe des segments concernés par la problématique

Les étapes de Production

COMPOSITION SCHEMATIQUE D'UNE PEINTURE



Préparation de la peinture antibactérienne en deux méthodes :

1^{ère} proposition :

Pour fabriqué notre peinture a la chaux on va utiliser pour ça les ingrédients suintas :

- 125g de la chaux aérienne.
- 06 g de sel d'alun (bien broyer)
- Un pigment (20 à 25% bleu de méthylène).
- Un agent antibactérien.
- L'eau

Matérielles :

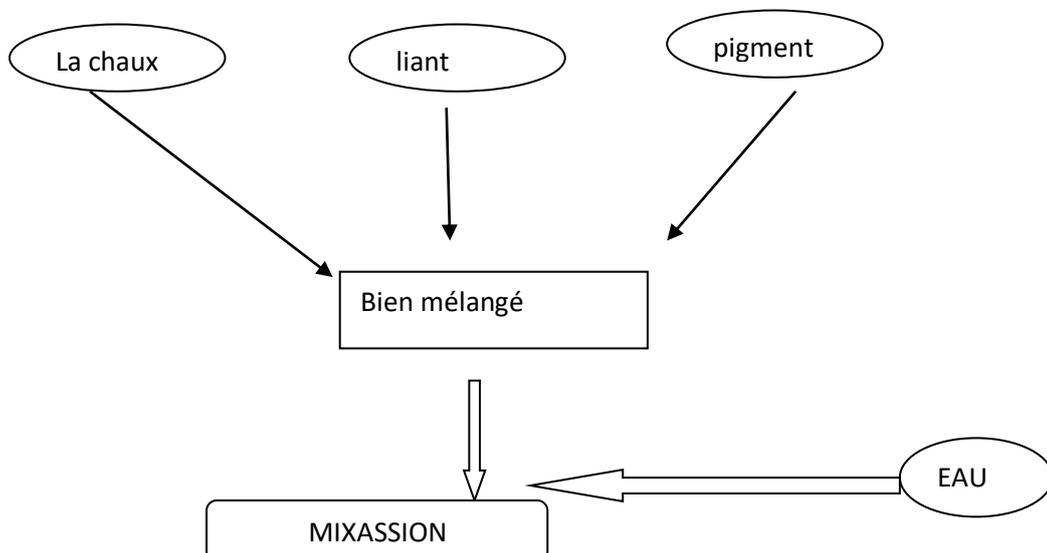
- Becher
- Mixeur (malaxeur)
- Balance

On mélange 125g de la chaux avec 06 g de sel d'alun et le pigment (25 g de colorant) un agent antibactérien

D'abord bien mélanger notre préparation en poudre

Puis ajourât de l'eau jusqu'à 250 millilitres .

Une bonne mixassions et notre peinture est prête.





Peinture à la chaux

2ème proposition :

Une peinture commerciale + un agent antibactérien.

Solution

Dans les deux cas précédents, nous avons obtenus une peinture antibactérienne :

La première qualité est faite pour les réservoirs d'eau, piscines ... etc.

La deuxième qualité est destinée aux hôpitaux, établissements de santé, lieux
publics, hôtels ... etc.

Chapitre 02

Commercialisation du produit

Notre produit pourra apporter une valeur ajoutée en macro et micro économique :

- **En Macro** :
 - ❖ Offrir des postes de travail.
 - ❖ Satisfaire le marché
 - ❖ Eviter les transactions en devises (importation)

- **En Micro** :
 - ❖ Un nouveau concept Peinture antibactérienne
 - ❖ Emballage respectueux de l'environnement.
 - ❖ Avoir différents choix en matière de qualités et couleurs
 - ❖ Avantages pour la santé (désinfection, anticontamination).
 - ❖ Durabilité de la peinture.
 - ❖ Facilité de nettoyage.
 - ❖ Minimiser le coût

1. Les concurrents

Tableaux 1 : les concurrents

Entreprise	Localité
COMUS	FRANCE
SIKKENS (Alpha sanoprotex)	FRANCE
ONIP	FRANCE

I. Les clients

Cette partie traite des clients ciblés par notre idée de produit. En tant que créateur, il faut savoir pour qui cette offre est créée et qui en retire un avantage. La segmentation des clients peut être effectuée en utilisant différents critères tels que les caractéristiques démographiques, les comportements d'achat, les besoins et les préférences, etc.

La gestion efficace des segments de clients est essentielle pour assurer la pertinence de l'offre et la satisfaction des clients.

Nous ciblerons ceux qui suit :

- Milieux hospitalières
- Les lieux publics
- cliniques médicaux
- Crèches
- Hôtels / Les écoles / Les restaurants ...ect

Relation Client

La relation client concerne la façon dont nous interagissons avec nos clients et comment nous maintenons une relation avec eux. La gestion efficace de la relation client peut inclure des activités telles que le service à la clientèle, la gestion des réclamations, les programmes de fidélisation, etc. La gestion efficace de la relation client est essentielle pour assurer la satisfaction des clients et leur fidélité.

- Fournir un excellent service client.
- S'engager avec les clients sur les plateformes de médias sociaux.
- Recueillir et répondre aux commentaires des clients.
- Programmes de fidélité et promotions spéciales pour les clients réguliers.

Canaux

Les canaux de marketing sont un élément clé du business model canvas. Ils représentent les moyens utilisés pour atteindre les clients et leur faire connaître notre offre. Ces canaux peuvent inclure la publicité, les relations publiques, les promotions, les ventes directes, etc. La gestion efficace des canaux de marketing est essentielle pour assurer la visibilité de l'offre et la croissance des ventes.

- Publicité visuelle par des panneaux publicitaire.
- Réseaux sociaux.
- affichages dans les entrées des lieux sanitaires, hospitalier et cliniques.
- des cartes visites pour des fournisseurs de domaine.
- points de vente de peinture.
- Distribution en gros à d'autres détaillants.

Les partenaire clé

Les partenariats clés sont un élément clé du business model canvas. Ils représentent les partenariats stratégiques que notre entreprise a établis pour soutenir son modèle économique. Ces partenariats peuvent inclure des alliances avec d'autres entreprises, des accords de sous-traitance, des accords de coentreprise, etc. La gestion efficace des partenariats clés est essentielle pour assurer la viabilité et la croissance de l'entreprise.

- ❖ Fournisseurs de peinture : Pour s'approvisionner en peinture en vrac.
- ❖ Fournisseurs des produits chimiques : pour s'approvisionner en agent antibactérien
- ❖ Fournisseurs d'emballages : fournir des matériaux d'emballage respectueux de l'environnement.
- ❖ Distributeurs : Pour effectuer la livraison.
- ❖ Un concessionnaire pour les machines de mixations
- ❖ Un laboratoire pour les tests de contrôle de qualité

1. Nos partenaire clé

Nom de l'entreprise	Cordonné	wilaya
ENAP (entreprise nationale de Peinture)	+213 (0) 26 70 46 46 E-mail : contact@enap.dz	Lakhdaria (unité de production Oran).
CONCORDAL SPA	+213 (0) 23 45 09 20	Constantine
ES SAADA PEINTURE SARL	+213 (0) 26 70 46 46	Oran

Tableaux 2 : tableaux des partenaires clé

II. Activités Clés

Les activités clés sont un élément clé du business model canvas. Elles représentent les activités principales que notre entreprise doit effectuer pour offrir son produit ou service. Ces activités peuvent inclure la mixassions, la commercialisation, la vente, la distribution, etc. La gestion efficace des activités clés est essentielle pour assurer la qualité de l'offre et la satisfaction des clients.

Elles sont également essentielles pour maintenir la rentabilité de l'entreprise.

- ✓ Recherche et achat de peinture en vrac auprès de fournisseurs fiables.
- ✓ combinez les peintures avec un agent antibactérien d'une manière homogène.
- ✓ Conditionnement de la peinture dans un emballage attractif et respectueux de l'environnement.
- ✓ Commercialisation et promotion de notre peinture antibactérienne.
- ✓ Établir des canaux de distribution pour atteindre les clients.
- ✓ Surveillance et amélioration de la qualité de la peinture.

Ressources clés

Les ressources clés sont un élément clé du business model canvas. Comprennent sa technologie, sa bibliothèque d'éléments graphiques, son réseau de partenaires, sa communauté d'utilisateurs et son équipe de développement. Ces ressources sont indispensables pour offrir des services de qualité et maintenir sa position de leader sur le marché du design graphique en ligne.

Fournisseur		Resource
ENAP (entreprise nationale de Peinture)	Oran	Peintures-en vrac
RACHIDYNES Emballages Plastiques SARL	Mascara	Emballages
Entreprise national des produits chimiques	Alger	Produits chimiques (agent antibactérien)

- ❖ Installations de traitement de la qualité de la peinture.
- ❖ Employés qualifiés.
- ❖ Fournisseurs fiables.
- ❖ Réseau de distribution solide.
- ❖ Réputation de la marque et fidélisation de la clientèle.

1. Les ressources matérielles

ETS BELGHABA Chakib	Ain Temouchent	Imprimerie industrielle Des étiquettes et des panneaux publicitaires
Algérie machina	Local	Machines spécialisées pour la peinture
Les Entreprises des matériels lourds pour la fabrication de la peinture	/	Machine de production

Tableaux 3 : tableaux de ressource matérielle

Resource humaine

- ❖ Employés qualifiés

II. Tableaux 4 : tableaux des ressources humaine

<u>Nombre</u>	<u>Type d'employeur</u>
1	Directeur
1	Comptable
3	Vendeur
1	gestionnaire de stock
1	Ingénieur de suivi
4-5	Des ouvriers
1	Gardien
1	Agent d'entretien

Ressource financier

Désignation	Consommation
Gaz	25 mètres cube par mètre carré chaque année
Electricité	1000 kW –h
Eau	1500 litres par jour
Internet	La fibre
Téléphone	3 (1 ligne fixe & 2 lignes portable)
Moyen de transport	2 Véhicules
Loyer	1 local usine + bureaux
Autres moyens logistiques	4 bureaux + 12 chaises+4 pc portatifs +6 camera de surveillance+ 1tv pour la salle de contrôle +1 tv pour la diffusion de la publicité+1 climatiseur armoire

III. Les Coûts :

La structure de coûts est un élément clé du business model canvas. Elle concerne les coûts associés à la mise en œuvre de notre modèle économique. Ces coûts peuvent inclure les coûts fixes, tels que les salaires, les loyers et les frais généraux, ainsi que les coûts variables, tels que les coûts des matières premières et des fournitures. La gestion efficace de la structure de coûts est essentielle pour assurer la rentabilité de l'entreprise.

❖ Coûts d'approvisionnement et de production.

<i>Désignation</i>	<i>Valeur (HT)</i>
Matière première consommés:	
- Peinture lavable en vrac 10 kg	2 000.00 DA
- Agent anti bactérien 10g	60.00 DA
- Emballages	40.00 DA
Frais fixe(loyer,machine,assurances... ect)	1 200.00 DA
Frais variables (salaires employés, ... ect)	600.00 DA
Total (cout de la peinture anti bactérienne)	3 900.00 DA
Coûts de la peinture antibactérienne importé 10 kg	15 000.00DA

3 million centimes	Frais d'établissement
21 millions centime	Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-
6 million centimes par an	Logiciels site web
3500 DA	Dépôt marque, modèle
20 millions centime par mois	Droit au bail
480 millions centime dans 2 ans	حق الإيجار
9 millions centime	Assurances

9 million centimes	Caution ou dépôt de garantie
2 millions centime	Frais de dossier
6 million centimes	Frais de notaire ou d'avocat
6 million centimes	Enseigne et éléments de communication Site web
692 million centimes	Matériel
100 million centimes	Matériel de bureau
75 million centimes	Trésorerie de départ (الصندوق) التدفق النقدي الذي تحتاجه في بداية المشروع

Total : 1 milliard 400 million centime

1.3 million centime	<u>Téléphone, internet</u>
6 millions centime	<u>Autres abonnements</u>
6 millions centime	<u>Carburant, transports</u>
1.5 million centime	<u>Frais de déplacement et hébergement</u>
9 millions centime	<u>Eau, électricité, gaz</u>
2 millions centime	<u>Mutuelle</u>
100 millions centime	<u>Fournitures diverses</u>
50 millions centime	<u>Entretien matériel et vêtements</u>
5 millions centime	<u>Nettoyage des locaux</u>
60 millions centime	<u>Budget publicité et communication</u>

Total = 349,8 million centimes

Tableaux : tableaux des salaires

30 millions centime par mois	Salaires employés
10.396 millions centime	Rémunération nette dirigeant

IV. Revenus

Les revenus sont un élément clé du business model canvas. Ils représentent les différentes sources de revenus générées par l'entreprise grâce à son offre de produits ou de services. Les flux de revenus peuvent provenir de la vente directe de produits ou services, des abonnements, des commissions, des redevances, des frais d'utilisation, etc. L'identification et la maximisation des flux de revenus sont essentielles pour assurer la viabilité financière et la croissance de l'entreprise.

- ❖ Vente de café à travers différents canaux.
- ❖ Distribution en gros aux détaillants.
- ❖ Abonnements café et ventes récurrentes.
- ❖ Éditions limitées et éditions de cafés de spécialité.
- ❖ Collaborations avec d'autres marques ou cafés

III. Tableaux : tableaux de l'estimation de revenue mensuelle

La valeur	Déclaration
166400 par mois	Nombre d'unité
140 Da 125 g	Prix de vente
23 296 000 Da	Prix de vente * nombre d'unité

Conclusion

L'innovation d'une peinture antibactérienne offre plusieurs avantages sur le marché.

1. Protection contre les bactéries : La peinture antibactérienne est spécialement conçue pour tuer et inhiber la croissance des bactéries, ce qui aide à maintenir un environnement propre et hygiénique. Cela peut être particulièrement utile dans les hôpitaux, les crèches, les écoles, les restaurants et autres lieux où l'hygiène est primordiale.

2. Réduction des infections : En empêchant la croissance des bactéries, cette peinture contribue à réduire les risques d'infections et de maladies qui pourraient se propager à travers les surfaces peintes.

3. Amélioration de la santé : La peinture antibactérienne peut contribuer à améliorer la santé des personnes en réduisant la présence de bactéries pathogènes sur les surfaces peintes. Cela peut être particulièrement important pour les personnes ayant un système immunitaire affaibli ou les personnes sensibles aux infections.

4. Durabilité : Les peintures antibactériennes sont généralement plus résistantes et durables que les peintures traditionnelles, ce qui signifie qu'elles durent plus longtemps et nécessitent moins de retouches.

5. Réduction des coûts de nettoyage : En empêchant la croissance des bactéries, la peinture antibactérienne réduit la nécessité de nettoyage fréquent et intensif. Cela peut entraîner des économies significatives en termes de temps, d'argent et de ressources.

6. Différenciation sur le marché : Avec la préoccupation croissante pour l'hygiène et la santé, les peintures antibactériennes offrent aux fabricants de peinture un avantage concurrentiel en proposant un produit innovant et distingué des peintures traditionnelles.

En résumé, l'innovation d'une peinture antibactérienne offre des avantages tels que la protection contre les bactéries, la réduction des infections, l'amélioration de la santé, la durabilité, la réduction des coûts de nettoyage et la différenciation sur le marché