Machine Translated by Google

20

Nanoparticules d'argent : De véritables balles antibactériennes

Laboratoire de recherche G. Thirumurugan et MD Dhanaraju ,
École de pharmacie GIET, Chaitanya Nagar, Rajahmundry, AP Inde

1. Introduction

L'une des premières questions que l'on se pose naturellement lorsqu'on s'intéresse aux nanoparticules est : « Pourquoi les nanoparticules sont-elles si intéressantes ? » Pourquoi se donner la peine de travailler avec ces structures extrêmement petites alors que leur manipulation et leur synthèse sont bien plus compliquées que celles de leurs homologues macroscopiques. La réponse réside dans la nature et les propriétés uniques des nanostructures. Les nanoparticules possèdent un rapport surface/volume très élevé. Français Cela peut être utilisé dans les domaines où les grandes surfaces sont essentielles pour le succès. Au cours des dernières décennies, les nanoparticules métalliques, dont les structures présentent des propriétés physiques, chimiques et biologiques significativement nouvelles et distinctes, ainsi que des fonctionnalités en raison de leur taille nanométrique, ont suscité beaucoup d'intérêt. En particulier dans le secteur biologique et pharmaceutique, les matériaux nanostructurés attirent beaucoup d'attention en raison de leur potentiel à réaliser des processus spécifiques et une sélectivité. La diminution de la dimension des nanoparticules a un effet prononcé sur les propriétés physiques qui diffèrent considérablement de celles du matériau en vrac. De plus, il existe plusieurs raisons à l'utilisation de nanoparticules d'argent en nanotechnologie ainsi que dans le domaine médical et pharmaceutique. (i) Tout d'abord, les composés d'argent ont été utilisés en médecine tout au long de l'histoire de la civilisation. (Patra, 2008 ; Klasen, 2000 ; Lansdown, 2002) (ii) Il est facile de synthétiser des nanoparticules d'argent par plusieurs méthodes simples, économiquement peu coûteuses, sûres et fiables telles que la chimie humide, la physique et la biologie ; (iii) il peut être synthétisé à partir de tailles de 2 à 500 nm en modifiant les paramètres de réaction ; (iv) il peut être facilement synthétisé avec différentes formes (sphères, tiges, tubes, fils, rubans, plaques, cubiques, hexagonales, triangulaires) en utilisant des modèles et en modifiant les conditions de réaction ; (v) en raison de la présence d'une charge négative sur la surface, ils sont hautement réactifs, ce qui aide à modifier la surface des nanoparticules d'argent en utilisant plusieurs biomolécules. En raison de la forte interaction entre la surface du métal et les molécules contenant du thiol/amine (molécules organiques, ADN, protéines, enzymes, etc.), la surface des SNP peut être facilement modifiée ; (Bhattacharya, 2007) (vi) Les SNP peuvent être facilement caractérisés en raison de la présence des bandes caractéristiques de résonance plasmonique de surface (SPR) ; (Daniel et Astruc, 2004) en raison de la présence d'un comportement optique et électronique unique, ces particules métalliques peuvent être utilisées dans les biocapteurs et l'imagerie moléculaire ; (Oghabian, 2010) en raison de sa forte activité antimicrobienne, il a trouvé une variété d'applications dans différents domaines (Fig. 1).

Machine Translated by Google

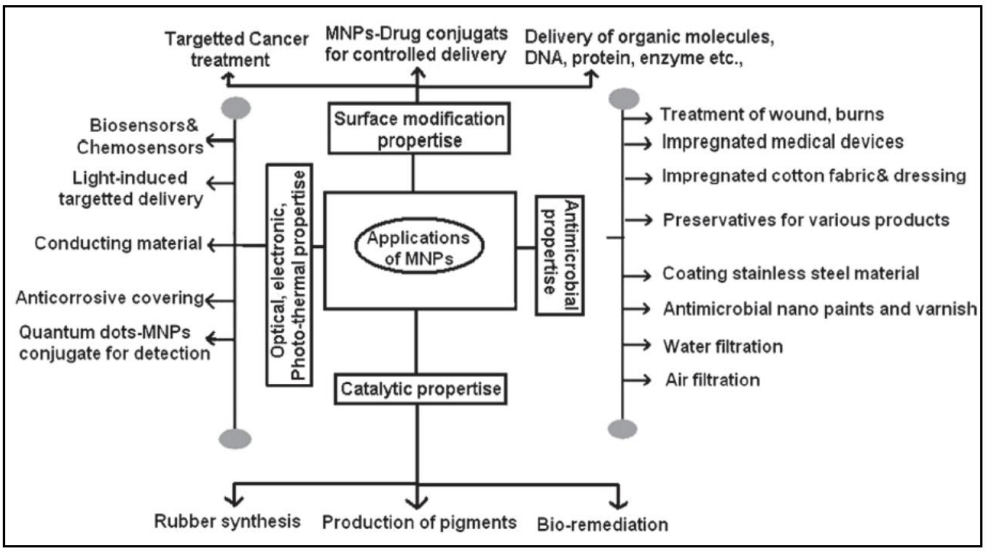

Fig. 1. Applications des nanoparticules métalliques dans divers domaines (G.Thirumurugan, 2011).

La synthèse de nanoparticules métalliques monodispersées de différentes tailles et formes constitue un défi en nanotechnologie. Bien que diverses méthodes physiques et chimiques soient largement utilisées pour produire des nanoparticules monodispersées, la stabilité et l'utilisation de produits chimiques toxiques constituent un sujet de préoccupation majeur. De plus, l'utilisation de produits chimiques toxiques à la surface des nanoparticules et de solvants non polaires dans la procédure de synthèse limite leurs applications dans le domaine clinique et pharmaceutique (Oghabian, 2010). Par conséquent, le développement de méthodes propres, biocompatibles, non toxiques et respectueuses de l'environnement pour la synthèse de nanoparticules d'argent mérite d'être souligné.

Dans ce chapitre, nous aborderons un aperçu de la préparation des nanoparticules d'argent impliquant la méthode physique, chimique et biologique, le mécanisme et les avantages et inconvénients des méthodes ci-dessus. Nous fournissons divers mécanismes antibactériens des nanoparticules d'argent pour réduire la résistance aux antibiotiques et l'incorporation de SNP sur les tissus en coton et la conjugaison de SNP sur les composés pharmaceutiques. Enfin, nous discuterons de l'administration de médicaments antibactériens spécifiques au site des SNP en raison de sa modification de surface unique et de ses propriétés photothermiques.

2. Synthèse de nanoparticules d'argent

2.1 Méthode physique et chimique

Il existe diverses approches physiques et chimiques largement utilisées pour la synthèse de nanoparticules d'argent, telles que la réduction en solution (Goia, 1998), les réactions chimiques et photochimiques dans les micelles inverses (Taleb, 1997), la décomposition thermique de composés métalliques (Esumi, 1990), assistée par rayonnement (Henglein, 2001), électrochimique (Rodriguez-Sanchez, 2000), sonochimique (Zhu, 2000), processus assisté par micro-ondes (Isabel Pastoriza-Santos, 2002).

Machine Translated by Google

La préparation des nanoparticules d'argent est le plus souvent réalisée par la méthode de réduction chimique. Le borohydrate, le citrate, l'ascorbate et l'hydrogène élémentaire sont des réducteurs couramment utilisés pour la synthèse des nanoparticules d'argent. Français La réduction des ions métalliques (Me+) comme l'argent (Ag+ ou l'or (Au+) en solution aqueuse produit généralement du métal colloïdal avec des diamètres de particules de plusieurs nanomètres (Wiley, 2005). Initialement, la réduction de divers complexes avec des ions métalliques (Ag+) conduit à la formation d'atomes métalliques (Ag0), qui est suivie d'une agglomération en amas oligomériques (Kapoor, 2002). Ces amas conduisent finalement à la formation de particules métalliques colloïdales (Kapoor, 2002). Par exemple, lors de la formation de particules d'argent colloïdales, lorsque les particules colloïdales sont bien plus petites que la longueur d'onde de la lumière visible, les solutions ont une couleur jaune avec une bande intense dans la gamme 380-400 nm et d'autres bandes moins intenses ou plus petites à une longueur d'onde plus longue dans le spectre d'absorption (Cao, 2002). Cette bande est attribuée à l'excitation collective du gaz d'électrons dans les particules, avec un changement périodique de la densité électronique à la surface (absorption plasmonique de surface), (Gutiérrez, (1993).

La synthèse des nanoparticules d'argent dans ce projet sera basée sur une méthode chimique humide. Le point de départ de la synthèse est la production d'une solution de nitrate d'argent (AgNO3). Lorsque le nitrate d'argent est dissous, il se divise en un ion argent positif (Ag+) et un ion nitrate négatif (NO3 -). Pour transformer les ions argent en argent solide, les ions doivent être réduits en recevant un électron d'un donneur. Un organigramme illustrant la réduction des ions argent par ajout d'un électron peut être vu dans l'équation 1. L'organigramme de l'équation 2 illustre la réduction de (Ag+) dans une solution d'éthanol. Une fois le germe d'argent formé, il commence à croître et continue sa croissance jusqu'à ce que l'équilibre entre les nanoparticules finales et (Ag+) de la solution soit atteint (Chou, 2005).

$$Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow Ag_{(s)} \quad (1)$$

$$2AgCH_3OH + H_2O \rightarrow 2AgCH_2O_3H_{(s)} + 2H^{+} + 2e^{-} \quad (2)$$

La réaction chimique est la réduction du nitrate d'argent par le borohydrure de sodium :

$$AgNO_3 + NaBH_4 + 3H_2O \rightarrow Ag + \frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}B_2H_6 + NaNO_3 \quad (3)$$

Préparation de nanoparticules d'argent en bref. Un volume de 10 ml de nitrate d'argent 1,0 mM a été ajouté goutte à goutte (environ 1 goutte-seconde) à 30 ml d'une solution de borohydrure de sodium 2,0 mM qui avait été refroidie dans un bain de glace. Le mélange réactionnel a été agité vigoureusement sur une plaque d'agitation magnétique. La solution est devenue jaune clair après l'ajout de 2 ml de nitrate d'argent et jaune plus vif, lorsque tout le nitrate d'argent a été ajouté. L'ajout complet a pris environ trois minutes, après quoi l'agitation a été arrêtée et la barre d'agitation retirée. L'argent colloïdal jaune clair est stable à température ambiante stocké dans un flacon transparent pendant plusieurs semaines ou mois. Les conditions de réaction, y compris le temps d'agitation et les quantités relatives de réactifs (à la fois le nombre absolu de moles de chaque réactif ainsi que leurs molarités relatives) doivent être soigneusement contrôlées pour obtenir de l'argent colloïdal jaune stable. Un large excès de borohydrure de sodium est nécessaire à la fois pour réduire l'argent ionique et pour stabiliser les nanoparticules d'argent. La possibilité d'agrégation lors de la synthèse fait que la solution d'argent colloïdal devient plus foncée

Machine Translated by Google

jaune, violet, puis grisâtre. L'adsorption de borohydrure joue un rôle clé dans la stabilisation des nanoparticules d'argent en croissance en fournissant une charge de surface aux particules comme le montre le diagramme schématique de la figure 2. Il doit y avoir suffisamment de borohydrure pour stabiliser les particules au fur et à mesure que la réaction se déroule. Cependant, plus tard dans la réaction, trop de borohydrure de sodium augmente la force ionique globale et une agrégation se produit (Van Hyning, 2001). L'agrégation peut également être provoquée par l'ajout d'électrolytes tels que NaCl.
Les nanoparticules sont maintenues en suspension par des forces électrostatiques répulsives entre les particules en raison du borohydrure adsorbé (Fig. 2). Le sel protège les charges, ce qui permet aux particules de s'agglutiner pour former des agrégats.

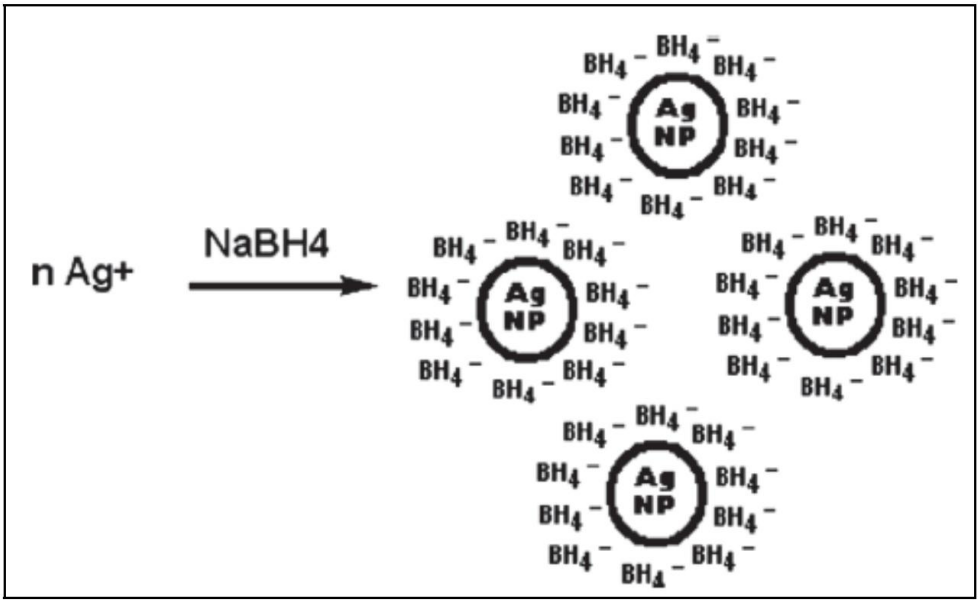

Fig. 2. Les forces répulsives séparent les nanoparticules d'Ag (NP) avec le borohydrure adsorbé (G. Thirumurugan, 2011).

2.2 Méthode biologique de synthèse des nanoparticules d'argent

Français Bien que diverses méthodes chimiques et biochimiques soient explorées pour la production de nanoparticules d'argent (Wiley, 2005), les microbes et les plantes sont également très efficaces dans ce processus. Divers microbes (Sharma, 2006 ; Mann, 1984 ; Beveridge, 1997), plantes (Shankar, 2004 ; Gardea-Torresdey, 2002) sont connus pour réduire les métaux [Tableau 1], la plupart d'entre eux se présentent sous la forme de particules sphériques comme indiqué précédemment (Chen, 2003 ; Ahmad, 2005). Les extraits de microbes agissent à la fois comme agents réducteurs et coiffants dans la synthèse de nanoparticules métalliques. La réduction des ions métalliques par des combinaisons de biomolécules trouvées dans ces extraits telles que des enzymes ou des protéines, des acides aminés, des polysaccharides et des vitamines (Jagadeesh, 1981) est inoffensive pour l'environnement, mais chimiquement complexe.

Machine Translated by Google

La biorécupération des métaux argentés à partir d'une solution, un processus appelé « biosorption », se produit par des mécanismes actifs ou passifs. Les processus actifs de transformation des métaux nécessitent des microbes viables, qui catalysent enzymatiquement l'altération du métal, conduisant à la séquestration ou à la concentration. L'un des rôles (passifs) possibles des micro-organismes est de fournir une multitude de centres de nucléation, établissant les conditions permettant d'obtenir des systèmes de nanoparticules hautement dispersés. De plus, ils ralentissent l'agrégation, ou l'empêchent complètement en immobilisant les particules et en fournissant un milieu visqueux (Sun, 2002). Les nanoparticules ainsi produites ont des architectures très complexes et sont ordonnées lors de l'assemblage. Dans certains cas, les particules ont une forme bien définie formée dans une gamme de tailles de flèche et présentent une symétrie d'orientation et géométrique (Sarikaya, 1999). Français Dans le cas de la production de nanoparticules d'argent, la résistance conférée par les bactéries à l'argent est déterminée par le gène « sil » dans les plasmides (Silver, 2003) tandis qu'une réductase dépendante du nitrate et un processus extracellulaire de navette quinine ont été rapportés pour la réduction des ions argent par plusieurs souches de Fusarium oxysporum (Duran, 2005). L'extrait d'algues vertes unicellulaires Chlorella vulgaris a été utilisé pour synthétiser des nanoplaques d'Ag monocristallines à température ambiante (Jianping Xie, 2007). Les protéines de l'extrait assurent une double fonction de réduction d'Ag+ et de contrôle de forme dans la synthèse de nano-argent. Les groupes carboxyles dans les résidus aspartiques et/ou glutamine et les groupes hydroxyles dans les résidus tyrosine des protéines ont été suggérés comme étant responsables de la réduction des ions Ag+ (Jianping Xie, 2007). La réalisation du processus de réduction par un simple tripeptide bifonctionnel Asp-Asp-Tyr-OMe a permis d'identifier plus en détail l'implication de ces résidus. Ce procédé de synthèse a donné de petites nanoplaques d'Ag à faible polydispersité avec un (Gole, 2001). Balaji, 2009 a rapporté des études spectroscopiques FTIR sur des nanoparticules d'argent obtenues à partir du champignon Cladosporium cladosporioides. Leur étude a confirmé que les groupes carbonyle des résidus d'acides aminés et des peptides des protéines ont une forte capacité à lier l'argent. Les protéines pourraient éventuellement former une couche recouvrant les nanoparticules métalliques pour empêcher leur agglomération et aider à sa stabilisation dans le milieu. Par conséquent, les molécules biologiques pourraient éventuellement fonctionner dans la formation et la stabilisation des nanoparticules d'argent en milieu aqueux. Gole, 2001 a rapporté que les protéines peuvent se lier aux nanoparticules d'argent soit par l'intermédiaire de groupes amine libres dans les protéines et jouent éventuellement un rôle dans la stabilisation des nanoparticules d'argent par des protéines liées à la surface. Français De plus, Vigneshwaran, 2006 a expliqué la synthèse de nanoparticules métalliques en utilisant du mycélium fongique, dans un agitateur rotatif, les ions métalliques en solution ont été adsorbés à la surface du mycélium par des interactions avec des groupes fonctionnels chimiques tels que l'anion carboxylate, la liaison carboxyle et peptidique des protéines et l'hydroxyle des saccharides (Lin, 2005) trouvés sur le mycélium. Le mycélium, emmêlé, était plus immobile et plus capable de lier Me+ que celui des substances cellulaires externes qui se distribuaient dans l'espace intermyocélien, puis la majeure partie du Me+ était in situ réduite en Me0 par la réduction des sucres des saccharides (Gole, 2001) sur le mycélium. Dans le même temps, des groupes adsorbants plus forts tels que le groupe carbonyle sur les substances extracellulaires pouvaient adsorber davantage les particules situées à la surface du mycélium, ce qui entraînait le coiffage de ces nanoparticules, tout en les balançant. Lorsque d'autres Me+ dans la solution ont été placés sur cette superposition et ont été liés et réduits à Me0
à la surface de la couche et ces Me0 pourraient éventuellement être encore recouverts par d'autres substances extracellulaires ; ce processus a été répété en continu jusqu'à ce que ces substances se distribuant dans l'espace intermécélial soient épuisées.

Des extraits végétaux de luzerne vivante, de bouillons de citronnelle, de feuilles de géranium et d'autres ont servi de réactifs verts dans la synthèse de nanoparticules d'argent (Shankar, 2004 ; Gardea-Torresdey,

Machine Translated by Google

2002). L'utilisation de plantes pour la synthèse de nanoparticules peut être avantageuse par rapport à d'autres processus biologiques car elle élimine le processus complexe de maintien des cultures cellulaires et peut également être adaptée à la synthèse de nanoparticules à grande échelle (Shenton, 1999)

3. Effet antibactérien des nanoparticules d'argent

En raison de l'apparition de maladies infectieuses causées par différentes bactéries pathogènes et du développement de la résistance aux antibiotiques, les sociétés pharmaceutiques et les chercheurs recherchent de nouveaux agents antibactériens sans résistance et sans coût. Dans le scénario actuel, les nanoparticules d'argent sont apparues comme de nouveaux agents antimicrobiens en raison de leur rapport surface/volume élevé et de leurs propriétés chimiques et physiques uniques. L'utilisation des nanoparticules d'argent peut être exploitée dans divers domaines, notamment médicaux et pharmaceutiques, en raison de leur faible toxicité pour les cellules humaines, de leur stabilité thermique élevée et de leur faible volatilité (Silver, 2003). Cela a donné lieu à un large éventail d'études dans lesquelles les nanoparticules d'argent ont joué un rôle à la fois comme médicament et comme agent antibactérien supérieur. L'activité antibactérienne synergique la plus élevée a été observée avec des nanoparticules d'argent combinées à des antibiotiques (Raymond Wai-Yin Sun, 2005). Les tissus en coton incorporant des nanoparticules d'argent ont montré une activité antibactérienne (Shahverdi, 2007), et les nanoparticules d'argent contenant des nanofibres de polyvinyle présentent une propriété antibactérienne efficace (Duran, 2007), elles peuvent être utilisées dans les pansements, crèmes et gels à l'argent pour réduire efficacement les infections bactériennes des plaies chroniques (Jun, 2007 ; Richard, 2002 ; Leaper, 2006). Il a été rapporté que les nanoparticules d'argent présentent une meilleure capacité de cicatrisation des plaies, une meilleure apparence cosmétique et une cicatrisation sans cicatrice lorsqu'elles sont testées à l'aide d'un modèle animal (Ip, 2006). Kumar et al., 2008 ont étudié une méthode écologique de synthèse de peinture incorporée à des nanoparticules métalliques à partir d'huile végétale. La peinture présente une excellente activité antibactérienne et, à l'avenir, cette peinture peut être utilisée comme agent de revêtement antimicrobien efficace pour revêtir diverses surfaces telles que le bois, le verre, les murs. L'argent a été utilisé dans la filtration de l'eau et de l'air pour éliminer les micro-organismes. De plus, les nanoparticules d'Ag attachées au Fe3 O4 peuvent être utilisées pour le traitement de l'eau et facilement éliminées à l'aide d'un champ magnétique pour éviter la contamination de l'environnement (Kumar et al., 2008).

4. Nanoparticules d’argent et résistance aux antibiotiques

La résistance aux antibiotiques est un type de résistance aux médicaments dans lequel un micro-organisme a développé la capacité de survivre à l'exposition à un antibiotique. Le volume d'antibiotiques prescrit est le facteur principal de l'augmentation des taux de résistance bactérienne plutôt que l'observance des antibiotiques. Les quatre principaux mécanismes par lesquels les micro-organismes manifestent une résistance aux antimicrobiens sont : l'inactivation ou la modification du médicament (par exemple, la désactivation enzymatique de la pénicilline G dans certaines bactéries résistantes à la pénicilline par la production de β-lactamases) et l'altération du site cible (par exemple, l'altération des protéines de liaison à la pénicilline (PBP) - le site cible de liaison des pénicillines - chez Staphylococcus aureus résistant à la méthicilline (SARM) et d'autres bactéries résistantes à la pénicilline). Altération de la voie métabolique (par exemple, certaines bactéries résistantes aux sulfamides n'ont pas besoin d'acide para-aminobenzoïque (PABA), un précurseur important pour la synthèse de l'acide folique et des acides nucléiques chez les bactéries inhibées par les sulfamides. Au lieu de cela, comme les cellules de mammifères, elles se tournent vers l'utilisation d'acide folique préformé) et réduction de l'accumulation de médicaments : en diminuant la perméabilité des médicaments et/ou en augmentant l'efflux actif (pompage) des médicaments à travers la surface cellulaire [Figure 3].

Machine Translated by Google

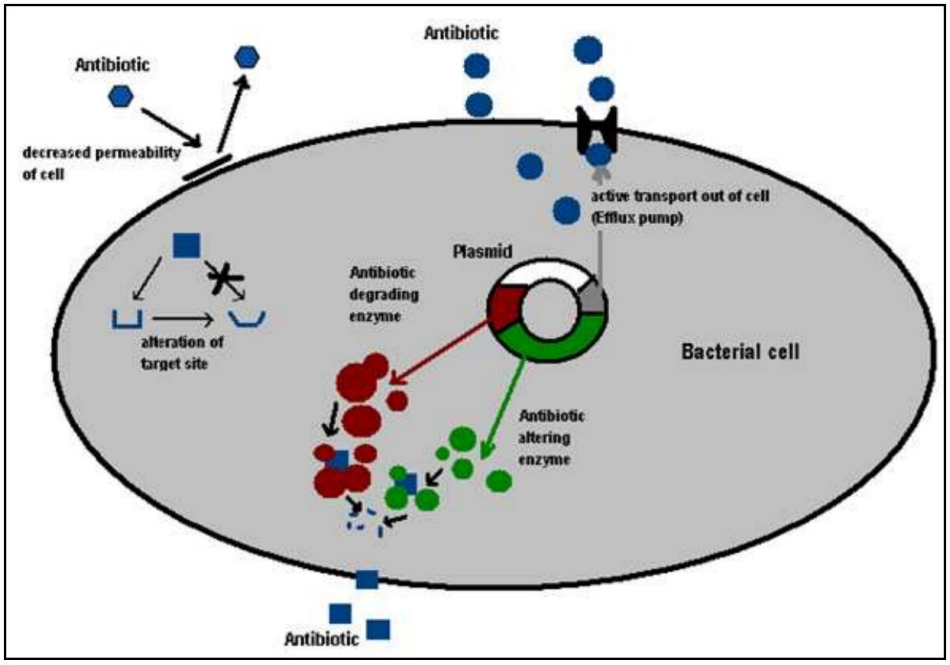

Fig. 3. Divers mécanismes de résistance bactérienne aux antibactériens (G. Thirumurugan, 2011).

Il est donc urgent de trouver une solution alternative pour surmonter la résistance aux antibiotiques et aux médicaments de divers micro-organismes, en particulier dans les dispositifs médicaux, pharmaceutiques, etc. Français La taille nanométrique a permis l'expansion de la surface de contact de l'argent avec les micro-organismes, et cette échelle nanométrique a une applicabilité aux dispositifs médicaux et pharmaceutiques par des agents de revêtement de surface. Kim et al., 2007 ont étudié le mécanisme antibactérien des nanoparticules d'argent pour certaines espèces microbiennes. La couche de peptidoglycane est une caractéristique membranaire spécifique des espèces bactériennes et non des cellules de mammifères. Par conséquent, si l'effet antibactérien des nanoparticules d'argent est associé à la couche de peptidoglycane, il sera plus facile et plus spécifique d'utiliser les nanoparticules d'argent comme agent antibactérien. Sondi et Salopek-Sondi, 2007 ont rapporté que l'activité antibactérienne des nanoparticules d'argent sur les bactéries Gram-négatives dépendait de la concentration de nanoparticules d'Ag et était étroitement associée à la formation de « puits » dans la paroi cellulaire des bactéries. Ensuite, les nanoparticules d'Ag accumulées dans la membrane bactérienne ont provoqué la perméabilité, entraînant la mort cellulaire et ils ont signalé une dégradation de la structure membranaire des micro-organismes avec des nanoparticules d'argent. Kim et al., 2007 ont suggéré que le mécanisme antimicrobien des nanoparticules d'argent est lié à la formation de radicaux libres et aux dommages membranaires induits par ces radicaux libres. Les radicaux libres peuvent provenir de la surface des nanoparticules d'argent et être responsables de l'activité antibactérienne. Dans des études protéomiques et biochimiques, des concentrations nanomolaires d'AgNP ont tué des cellules d'E.coli en quelques minutes, probablement en raison de la dissipation immédiate de la force motrice des protons (Lok, 2006). Cette action est similaire à celle trouvée pour les activités antibactériennes des ions Ag+ (Dibrov, 2002). Par exemple, de faibles concentrations d' ions Ag+ entraînent une fuite massive de protons à travers la membrane de Vibrio cholerae (Dibrov, 2002). Cette fuite de protons peut se produire à partir de n'importe quelle protéine membranaire modifiée par Ag+ ou de n'importe quel phospholipide modifié par A

Machine Translated by Google

bicouche. Le phénomène provoque la désactivation de la membrane et par conséquent la mort cellulaire (Dibrov, 2002). Shahverdi et al., 2007 ont étudié l'effet combiné des nanoparticules d'argent avec différents antibiotiques contre S.aureus et E.coli en utilisant la méthode de diffusion sur disque. Les activités antibactériennes de la pénicilline G, de l'amoxicilline, de l'érythromycine, de la clindamycine et de la vancomycine ont augmenté en présence d'Ag-NP contre les deux souches testées.

5. Tissus en coton avec nanoparticules d'argent incorporées

L'intérêt actuel est de développer des textiles de finition antibactériens efficaces, non toxiques, durables et rentables avec une application accrue dans les produits médicaux, de santé, hygiéniques ainsi que dans les matériaux textiles de protection. Cependant, la capacité des fibres de coton à absorber une grande quantité d'humidité les rend plus vulnérables aux attaques microbiennes dans certaines conditions d'humidité et de température. Le coton peut agir comme un nutriment, devenant un milieu approprié pour la croissance bactérienne et fongique (Rosemary, 2006). Par conséquent, les fibres de coton sont traitées avec de nombreux produits chimiques pour obtenir de meilleurs textiles de coton antibactériens. Parmi les divers agents antibactériens, les nanoparticules d'argent ont montré une forte activité inhibitrice et antibactérienne, n'ont aucun effet négatif sur le corps humain (Gao, 2008). Ces particules peuvent être incorporées dans plusieurs types de matériaux tels que les vêtements. Ces vêtements avec des nanoparticules d'argent sont stériles et peuvent être utilisés pour prévenir ou minimiser l'infection par des bactéries pathogènes. De nos jours, les pansements topiques à base de métal sont largement utilisés comme traitement des infections des brûlures, des plaies ouvertes et des ulcères chronique L'incorporation des nanoparticules d'argent a été réalisée par des moyens physiques, avant d'être utilisées ; les tissus de coton ont été lavés, stérilisés et séchés. Ceux-ci ont été immergés dans un erlenmeyer contenant des nanoparticules d'argent et agités à 600 tr/min pendant 24 heures et séchés à 70 ° C suivi d'un durcissement à 150 ° C. La représentation schématique de la formation de nanoparticules d'argent sur des tissus de coton est présentée dans le schéma 1.

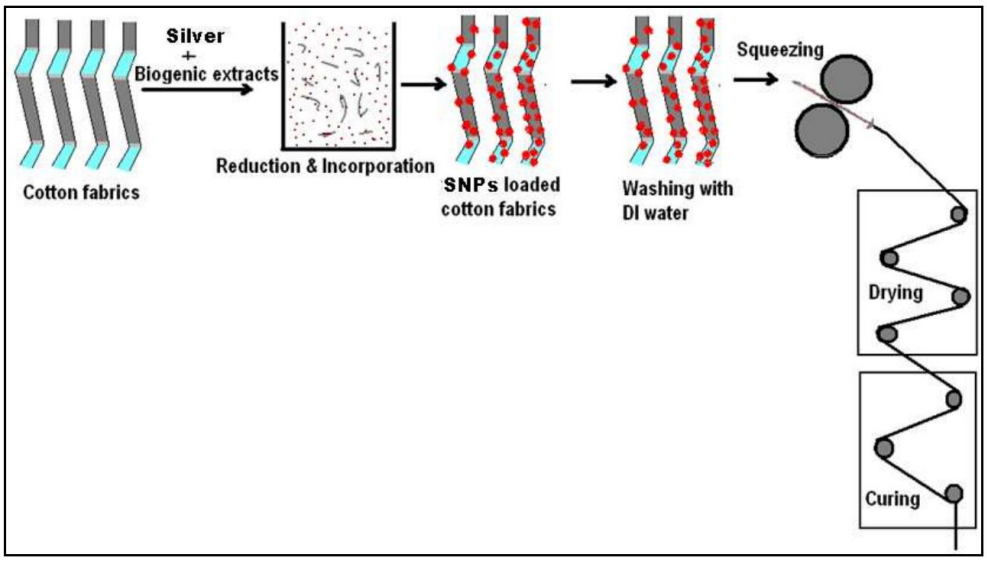

Schéma 1. Incorporation de nanoparticules d'argent sur des tissus en coton (G.Thirumurugan, 2011).

Machine Translated by Google

Les propriétés antibactériennes et la toxicité des métaux pour les micro-organismes sont bien connues, c'est pourquoi, de nos jours, l'argent est utilisé dans différents types de formulations comme les agents de revêtement de surface, les pansements pour plaies, etc. (Shahverdi, 2007). Les pansements à l'argent utilisent des systèmes de distribution qui libèrent l'argent à différentes concentrations. Mais différents facteurs comme la distribution de

L'argent dans le pansement, sa forme chimique et physique, l'affinité du pansement à l'humidité influencent également la destruction des micro-organismes (Lansdown, 2002). Dans cette optique, des fibres nanocomposites métalliques ont été préparées contenant des nanoparticules d'argent incorporées à l'intérieur du tissu, mais à partir de l'étude au microscope électronique à balayage, il a été conclu que les nanoparticules d'argent incorporées dans la partie gaine des tissus possédaient une propriété antibactérienne significative par rapport aux tissus incorporés avec des nanoparticules d'argent dans la partie centrale (Chopra, 2007). Des résultats similaires ont été obtenus en utilisant des nanoparticules d'argent sur des non-tissés en polyester. Il est également rapporté que les tissus textiles recouverts de nanoparticules d'argent possèdent une activité antibactérienne contre S.aureus (Shahverdi, 2007).

6. Nanoparticules d'argent dans l'administration de médicaments antibactériens

Les systèmes d'administration de médicaments fournissent des compléments utiles pour les produits thérapeutiques, notamment les médicaments, les acides nucléiques et les protéines, avec des rôles variés tels que l'amélioration de la faible solubilité, l'amélioration de la stabilité in vivo, l'optimisation de la biodistribution et de la pharmacocinétique des médicaments. Ces dernières années, l'intérêt a été stimulé par la capacité des nanoparticules métalliques comme les AgNP à se lier à une large gamme de molécules organiques, leur faible toxicité et leur absorption optique forte et réglable. Cela a donné lieu à un large éventail d'études dans lesquelles les nanoparticules d'argent ont joué un rôle de transporteurs de médicaments et de vaccins dans des cellules cibles ou des tissus spécifiques. De plus, les propriétés chimiques, physiques et photophysiques uniques des nanoparticules d'argent peuvent être exploitées de manière innovante pour contrôler le transport et la libération contrôlée de composés pharmaceutiques (Skirtach, 2006). En général, cela a été réalisé en modifiant la surface des nanoparticules d'argent afin qu'elles puissent se lier aux médicaments ciblés spécifiques ou à d'autres biomolécules. Mais la conjugaison directe de nanoparticules métalliques avec des médicaments est également possible, il a été démontré que les conjugués de nanoparticules métalliques avec des antibiotiques donnent des résultats prometteurs dans le traitement des infections intracellulaires (Skirtach, 2006). La conjugaison de nanoparticules d'argent dans un antibiotique peut augmenter l'efficacité de l'administration de médicaments pour cibler certains cas. En général, une dose exacte est nécessaire pour tuer les agents pathogènes, mais la quantité d'antibiotique utilisée en thérapie est bien supérieure à la dose réelle requise. La quantité excessive d'antibiotique peut provoquer des effets indésirables. Par conséquent, cette conjugaison d'antibiotique avec des nanoparticules d'argent serait utile pour améliorer l'efficacité des antibiotiques. Les nanoparticules d'argent peuvent être directement conjuguées avec des antibiotiques ou d'autres molécules de médicament via une liaison ionique ou covalente, ou par absorption physique. Par exemple, un médicament a été conjugué à des nano
L'effet cytotoxique du médicament libre est environ sept fois inférieur à celui des nanoparticules d'argent conjuguées au médicament. Saha et al., 2007, ont conjugué directement différents types d'antibiotiques à des nanoparticules métalliques sphériques non fonctionnalisées, la forme conjuguée a montré un degré d'activité antibactérienne plus élevé et plus stable que les antibiotiques libres. Cependant, la forme conjuguée a montré une certaine agrégation après la conjugaison, une situation que d'autres chercheurs considèrent comme très délétère.
Il est donc probable que la modification de la surface des nanoparticules métalliques pour empêcher l'agrégation améliorerait encore l'efficacité de ces systèmes d'administration de médicaments.

La chimie de surface des nanomatériaux joue un rôle important pour améliorer la stabilité des nanoparticules métalliques et empêcher leur agrégation lors du processus de conjugaison entre les biomolécules et les nanoparticules. Par rapport à d'autres matériaux de libération de médicaments, la

Machine Translated by Google

Français Les propriétés plasmoniques de surface des particules d'argent permettent d'observer le processus de libération de médicament dans les cellules vivantes par la méthode de diffusion Raman exaltée en surface (SERS). Jing Yang et al., 2009, ont découvert que les nanoparticules d'argent peuvent être utilisées pour contrôler la libération de médicament dans les cellules vivantes. La raison peut être que les nanoparticules d'argent peuvent retenir les molécules de médicament environnantes à sa surface jusqu'à ce qu'une monocouche se forme. La façon dont le médicament s'absorbe sur les surfaces d'argent joue un rôle important dans leur effet de délivrance de médicament dans les cellules vivantes. La figure 5, décrit les spectres SERS du médicament dans (a) une solution et (b) des cellules vivantes et la viabilité des cellules traitées avec différentes concentrations de médicament et de nanoparticules d'argent. (a) Médicament pur ; (b) Complexe médicament et nanoparticules d'argent ; (c) nanoparticules d'argent pur.

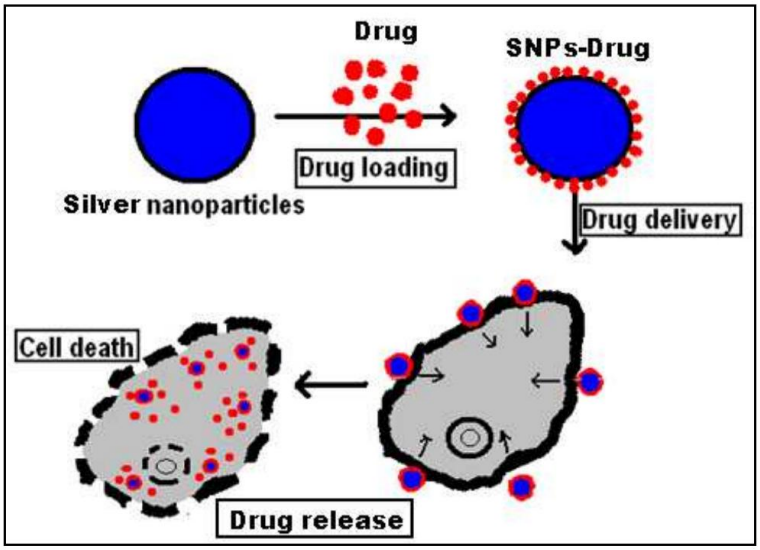

Fig. 4. Effet cytotoxique des nanoparticules d'argent conjuguées à des médicaments (G. Thirumurugan, 2011).

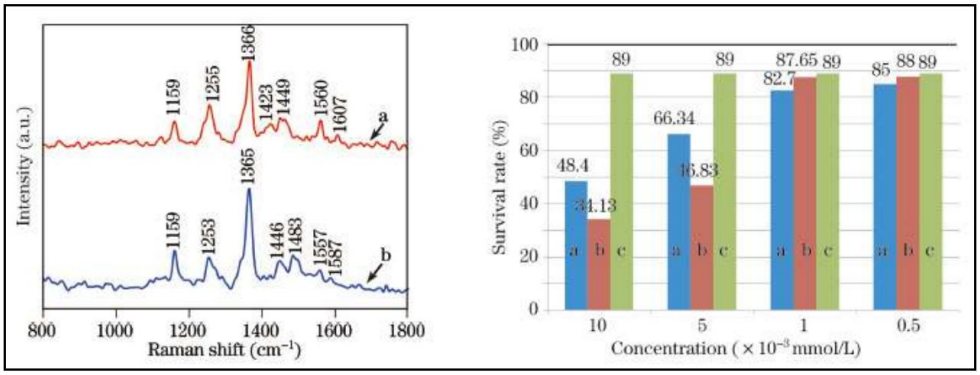

Fig. 5. Le côté gauche montre les spectres SERS du médicament dans (a) une solution et (b) des cellules vivantes et le côté droit montre la viabilité des cellules traitées avec différentes concentrations de médicament et de nanoparticules d'argent. (a) Médicament pur ; (b) Complexe de médicament et de nanoparticules d'argent ; (c) nanoparticules d'argent pur.

Machine Translated by Google

En plus de la chimie de surface des SNP, leurs propriétés physiques pourraient être exploitées pour des applications de distribution (Asadishad, 2010). La libération d'un médicament à partir de nanoparticules d'argent pourrait se faire via des stimuli internes (médiés par le pH ou le glutathion) ou également via des stimuli externes avec l'application de lumière. Les nanoparticules d'argent de diverses formes peuvent subir une forte résonance plasmonique avec la lumière ; par conséquent, le chauffage plasmonique induit par la lumière peut être exploité pour libérer une charge chimique qui a été attachée aux nanoparticules d'argent. Cela peut constituer une approche intéressante pour administrer un composé pharmaceutique directement dans le cytoplasme ou le noyau des cellules cibles. En raison des propriétés optiques des nanoparticules d'argent, une molécule sensible à la lumière peut être fixée sur des nanoparticules d'argent dans lesquelles les SNP servent de substrat. Dans ce cas, une molécule sensible à la lumière et à changement de conformation entièrement réversible a été fixée sur les nanoparticules d'argent (Jain, 2007). La conformation est passée d'une forme fermée à une forme ouverte lorsqu'elle est irradiée par une lumière UV et le processus peut être inversé par l'application de lumière visible ou de chaleur. Ce système conjugué de nanoparticules métalliques médié par la lumière pourrait être très efficace dans la libération contrôlée pour traiter des conditions sélectionnées (Jain, 2007). Cheng, 2008, a préparé les microcapsules via une technique couche par couche pour encapsuler du dextrane marqué à la fluorescéine. Les enveloppes des capsules ont été dopées avec des nanoparticules métalliques, qui réagissent à la lumière proche infrarouge (NIR). Le FITC-dextran est libéré lors du traitement au laser (1064) en raison de la rupture de l'enveloppe [Figure 6].

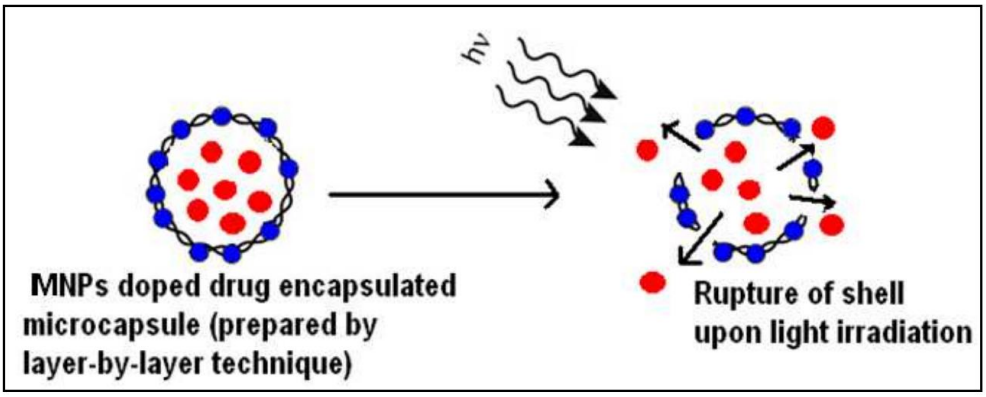

Fig. 6. Libération de médicament médiée par la lumière (G. Thirumurugan, 2011).

7. Conclusion

La sensibilisation croissante à la chimie verte et aux processus biologiques a conduit à un désir de développer une approche respectueuse de l'environnement pour la synthèse de nanoparticules non toxiques.
Contrairement à d'autres procédés physiques et chimiques, qui impliquent des produits chimiques dangereux, la biosynthèse microbienne des nanoparticules est une approche rentable et respectueuse de l'environnement. Par conséquent, les microbes sont considérés comme des bio-usines potentielles pour la synthèse des nanoparticules et servent d'agent antibactérien de nouvelle génération avec leurs propriétés chimiques et physiques uniques. Les nanoparticules d'argent ont également trouvé diverses applications sous forme de pansements pour plaies, de revêtements pour dispositifs médicaux, de tissus textiles imprégnés de nanoparticules d'argent,

Machine Translated by Google

Les nanoparticules d'argent incorporent des composés pharmaceutiques, etc. La présence d'une charge négative à la surface, elles sont hautement réactives, ce qui permet de modifier la surface des nanoparticules d'argent à l'aide de plusieurs biomolécules qui conduisent au chargement de SNP avec des médicaments ou des gènes, offre une libération ciblée et contrôlée. En particulier, la combinaison de nanoparticules d'argent et d'irradiation laser pour contrôler la libération de médicaments et de gènes a fourni des avantages thérapeutiques utiles.

8. Références

Ahmad, A,; Senapati, S,; Khan, M. I,; Kumar, R,; Sastry, M. (2005). Biosynthèse extra/intracellulaire de nanoparticules d'or par un nouveau champignon alcalo-tolérant, Trichothecium sp, J Biomed Nanotechnol. 1, 47-53.

Asadishad, B,; Vossoughi, M,; Alemzadeh, I. (2010). Administration ciblée de doxorubicine par récepteur de folate à l'aide de nanoparticules d'or fonctionnalisées par du polyéthylène glycol, Industrial & Engineering Chemistry Research. 49(4), 1958–1963.

Balaji, DS,; Basavaraja, S,; Deshpande, R,; Mahesh, BD,; Prabhakar, BK,; Venkataraman, A. (2009). Biosynthèse extracellulaire de nanoparticules d'argent fonctionnalisées par des souches de champignon Cladosporium cladosporioides, Coll Surf B : Bio interf. 68, 88- 92.

Beveridge, TJ,; Hughes, MN,; Lee, H,; Leung, KT,; Poole, RK,; Savvaidis, I,; Silver, S et Trevors, JT (1997). Interactions métal-microbe : approches contemporaines, Progrès en physiologie microbienne. 38, 177-243.

Bhattacharya, R,; Patra C. R,; Verma R,; Kumar S,; Greipp P. R et Mukherjee P. (2007). Les nanoparticules d'or inhibent la prolifération des cellules du myélome multiple. Adv. Mater, 19, 711.

Cao,; YunWei Charles,; Jin,; Rongchao,; Mirkin,; Chad A. (2002). Nanoparticules avec empreintes spectroscopiques Raman pour la détection d'ADN et d'ARN, Science, 297, 1536-1540.

Chen, J. C,; Lin Z. H et Ma, XX (2003). Preuve de la production de nanoparticules d'argent via le prétraitement de Phoma sp.3.2883 avec du nitrate d'argent, Letters in Applied Microbiology. 37, 105–108.

Cheng, Y;; Anna, CS; Meyers, JD ; Pangopoulos, moi; Fei, B. ; Burda, C. (2008). Pénétration profonde d'un médicament PDT dans les tumeurs par des conjugués non covalents de nanoparticules médicament-or, J.Am.Chem.Soc. 130(32), 10643-10647.

Chopra. (2007). L'utilisation croissante de produits à base d'argent comme agents antimicrobiens : une étude utile développement ou une cause de préoccupation, Antimicrob Chemother. 59, 587–90.

Chou, KS,; Lu, YC,; et Lee, HH. (2005). Effet de l'ion alcalin sur le mécanisme et la cinétique de la réduction chimique de l'argent, Materials Chemistry and Physics. 94, 429-433.

Daniel, M.-C. et D. Astruc. (2004). Nanoparticules d'or : assemblage, chimie supramoléculaire, propriétés relatives à la taille quantique et applications à la biologie, à la catalyse et à la nanotechnologie. Chemical reviews, 104(1) : p. 293-346.

Machine Translated by Google

Dibrov, P,; Dzioba, J,; Gosinl, KK,; Hase, CC (2002). Mécanisme chimio-osmotique de l'activité antimicrobienne de l'Ag+ chez Vibrio cholerae, Antimicrob Agents Chemother. 46, 2668.

Duran, N,; Marcarto, PD,; DeSouza, GIH,; Alves, OL,; Esposito, E. (2007). Effet antibactérien des nanoparticules d'argent produites par un processus fongique sur les tissus textiles et leur traitement des effluents, J Biomed Nanotechnol. 3, 203–8.

Duran, N,; Marcato, PD,; Alves, OL,; DeSouza, GIH,; Esposity, E. (2005). Aspects mécanistiques de la biosynthèse de nanoparticules d'argent par plusieurs Fusarium oxysporum souches, J. Nanobiotech. 3, 8.

Esumi, K,; Tano, T,; Torigoe, K,; Meguro, K. (1990). Préparation et caractérisation de colloïdes bimétalliques palladium-cuivre par décomposition thermique de leurs composés acétates dans des solvants organiques. Chem. Mater, 2(5), 564- 567.

Gao, Y,; Cranston, R. (2008). Progrès récents dans les traitements antimicrobiens des textiles, texte. Res. J. 78, 60–72.

Garde-Torresday, Parsons, JG, ; Gomez, E. ; Peralta-Vidéa, J, ; Troiani, S.E.; James, P, ; Joseph Yacaman, M. (2002). Formation et croissance de nanoparticules d'Au à l'intérieur de plantes de luzerne vivantes, Nano let. 2(4), 397-4

Goia D. V et Matijevic E. (1998). Préparation de particules métalliques monodispersées, New J. Chimie. 22, 1203-1215.

Gole, A. ; Tiret, C, ; Ramachandran, V. ; Sainkar, SR ; Mandale, Alberta; Rao, M. (2001). Conjugués colloïdaux pepsine-or : préparation, caractérisation et activité enzymatique, Langmuir. 17, 1674- 9.

Gutiérrez, M. et Henglein A. (1993). Formation d'argent colloïdal par réduction « push-pull » de Ag+. J. Phys. Chem. 97, 11368.

Henglein, A. (2001). Réduction de Ag (CN)2" sur des nanoparticules colloïdales d'argent et de platine. Langmuir, 17, 2329-2333.

Ip, M,; Lui, SL,; Poon, VKM,; Lung, I,; Burd, A. (2006). Activités antimicrobiennes des pansements à l'argent : une comparaison in vitro, J Med Microbiob. 55, 59–63.

Isabel Pastoriza-Santos et Luis M. Liz-Marzln. (2002). Synthèse de nanoprismes d'argent dans le DMF. Langmuir , 18 ans ,

Jagadeesh M. S et Seehra, MS (1981). Principales susceptibilités magnétiques de MnO et leur dépendance à la température, Phys. Rev. B. 23, 1185.

Jain, PK ; El-Sayed, IH, ; El-Sayed, MA (2007). Les nanoparticules ciblent le cancer, NanoToday. 2, 18–29.

Jianping Xie,; Jim Yang Lee et Daniel IC Wang. (2007). Synthèse de nanoplaques d'or monocristallines dans des solutions aqueuses par biominéralisation par la protéine d'albumine sérique, J. Phys. Chem. C. 111 (28), 10226– 10232.

Jing yang, Hong Wang, Xuebin tan, Chunyuan Zhang, Yiping Cui (2009). étude, Lettres d'optique chinoise 7(10).

Jun, J,; Yuan-Yuan, D,; Shao-hai, W,; Shao-feng, Z,; Zhong-yi, W. (2007). Préparation et caractérisation de nanofibres antibactériennes contenant de l'argent pour des applications de pansements, JUS-China Med Sci. 4(2), 52– 4.

Machine Translated by Google

Kapoor, MP; Yang, Q.; Inagaki, S. (2002). Auto-assemblage d'un solide mésoporeux hybride ponté par du biphénylène avec une périodicité à l'échelle moléculaire dans les parois des pores. J. Am. Chem. Soc, 124, 15176-15177.

Kim, JS,; Kuk, E,; Yu, KN,; Kim, JH,; Park, SJ,; Lee, HJ (2007). Effets antimicrobiens de nanoparticules d'argent, Nanomed Nanotechnol Biol Med. 3, 95-101.

Klasen, HJ (2000). Revue historique de l'utilisation de l'argent dans le traitement des brûlures. utilisations. Burns, 26, 11730.

Kumar, A,; Vemula, PK,; Ajayan, PM,; John, G. (2008). Peintures antimicrobiennes à base d'huile végétale contenant des nanoparticules d'argent, Nature Materials. 7(3), 236–41.

Lansdown, AB (2002). Silver. 2 : Toxicité chez les mammifères et comment ses produits aident à soigner les plaies réparation, Journal of Wound Care. 11(5), 173–177.

Lansdown, AB (2002). L'argent : ses propriétés antibactériennes et son mécanisme d'action. J. Soins des plaies. 11, 125.

Leaper, DL (2006). Pansements à l'argent : leur rôle dans la gestion des plaies, Int Wound J. 3(4), 282–94.

Lin, Z,; Wu, J,; Xue, R,; Yong, Y. (2005). Caractérisation spectroscopique de la biosorption d'Au3+ par la biomasse résiduaire de Saccharomyces cerevisiae, Spectrochim. Acta Part A. 61, 761–765.

Lok, CN,; Ho, CM,; Chen, R,; He, QY,; Yu, WY,; Sun, H. (2006). Analyse protéomique du mode d'action antibactérienne des nanoparticules d'argent, J Proteome Res. 5, 916.

Mann, S,; Frankel, RB,; Blakemore, RP (1984). Structure, morphologie et croissance cristalline de la magnétite bactérienne, Nature. 310, 405- 407.

Oghabian, M. A et Farahbakhsh, NM (2010). Utilisation potentielle des agents de contraste à base de nanoparticules en IRM : une perspective d'imagerie moléculaire, J. Biomed. Nanotechnol, 6, 203.

Panyala, NR,; Pena-Mendez, EM,; Havel, J. (2008). Argent ou nanoparticules d'argent : une menace dangereuse pour l'environnement et la santé humaine ? J Applied Biomedicine. 6(3), 117–129.

Patra C. R,; Bhattacharya R,; E. Wang, et Katarya A. (2008). Administration ciblée de gemcitabine à l'adénocarcinome pancréatique en utilisant le cétuximab comme agent de ciblage. Cancer Re, 68, 1970.

Raymond Wai-Yin Sun,; Rong Chen,; Nancy P.-Y. Chung,; Chi-Ming Ho,; Chen-Lung Steve Lin et Chi-Ming Che. (2005). Les nanoparticules d'argent fabriquées dans un tampon Hepes présentent des activités cytoprotectrices envers les cellules infectées par le VIH-1, Chem.Commun. 5059–5061.

Richard, JW,; Spencer, BA,; McCoy, LF,; Carina, E,; Washington, J,; Edgar, P. (2002). J Soins chirurgicaux des plaies des brûlures. 1, 11–20.

Rodriguez-Sanchez, L, ; Blanco, MC et Lopez-Quintela, MA (2000). Électrochimique Synthèse de nanoparticules d'argent. J. Phys.Chem. B, 104, 9683-9688.

Rosemary, MJ,; Mac Laren, I,; Pradeep, T. (2006). Études des propriétés antibactériennes de la ciprofloxacine et du SiO2, Langmuir. 22, 10125.

Saha, B,; Bhattacharya, J,; Mukherjee, A,; Ghosh, AK,; Santra, CR,; Dasgupta, AK,; Karmakar, P. (2007). Évaluation structurelle et fonctionnelle in vitro des antibiotiques conjugués à des nanoparticules d'or, Nanoscale Res. Lett. 2, 614–622.

Machine Translated by Google

Sarikaya, M,; Fong, H,; French, DW,; Humbert, R. (1999). Assemblage biomimétique de matériaux nanostructurés, Mat. Sci. Forum. 293, 83–98.

Shahverdi, AR,; Fakhimi, A,; Shahverdi, HR,; Minaian, S. (2007). Synthèse et effet des nanoparticules d'argent sur l'activité antibactérienne de différents antibiotiques contre Staphylococcus aureus et Escherichia coli, Nanomed : Nanotechnol. Biol Med. 3 (2), 168–71.

Shankar, SS,; Rai, A,; Ahmad, A,; Sastry, MJ (2004). Synthèse rapide de nanoparticules Au, Ag et de nanoparticules bimétalliques Au-coque Ag en utilisant un bouillon de feuilles de Neem (Azadirachta indica), J Colloid Interf Sci. 275, 496-502.

Sharma, V. K,; Nevecna, T,; Zboril, R. (2006). Nanoparticules colloïdales d'argent : synthèse, caractérisation et leur activité antibactérienne, J. Phys. Chem. B. 110, 16248-16253.

Shenton, W,; Douglas, T,; Young, M,; Stubbs, G,; Mann, S. (1999). Composites de nanotubes inorganiques-organiques issus de la minéralisation modèle du virus de la mosaïque du tabac, Adv Mater. 11,253.

Silver, S. (2003). Résistance bactérienne à l'argent : biologie moléculaire et utilisations et mésusages des composés d'argent, FEMS Microbiol. Rev. 27 (2–3), 341–353.

Skirtach, AG,; Javier, AM,; Kreft, O,; Köhler, K,; Alberola, AP,; Möhwald, H,; Parak, WJ,; Sukhorukov, GB (2006). Libération induite par laser de matériaux encapsulés à l'intérieur de cellules vivantes, Angew. Chem. 118(28), 4728–4733.

Sondi, B,; alopek-Sondi. (2007). Les nanoparticules d'argent comme agent antimicrobien : une étude de cas sur E. coli comme modèle pour les bactéries Gram-négatives, J Colloid Interface. 275, 177– 182.

Sun Y et Y. Xia. (2002). Synthèse à forme contrôlée de nanoparticules d'or et d'argent, Sciences. 298, 2176–2179.

Taleb, A,; Petit, C,; Pileni, MP (1997). Synthèse de nanoparticules d'argent hautement monodisperses à partir de micelles inverses AOT : une voie vers l'auto-organisation 2D et 3D. Chimie Mater, 9, 950-959.

Thirumurugan, G et Dhanaraju.MD (2011). Nouvelles nanoparticules métalliques biogéniques pour applications pharmaceutiques, Adv. Sci. Lett, 4, 339-348.

Thirumurugan, G,; Satya Veni, V,; Ramachandran, S,; Seshagiri Rao, JVLN et Dhanaraju, MD (2011). Effet cicatrisant supérieur d'une formulation de nanoparticules d'argent administrée par voie topique à l'aide d'un champignon pathogène écologique de la pomme de terre : synthèse et caractérisation, J. Biomed. Nanotechnol. 7, 659- 666.

Van Hyning, D. L,; Klemperer, W. G et Zukoski, CF (2001). Formation de nanoparticules d'argent : prédictions et vérification du modèle de croissance agrégative, Langmuir 17, 3128-3135.

Vigneshwaran, N. ; Kathe, AA;; Varadarajan, PV;; Nachane, RP; Balasubramanya, RH (2006). Biomimétique des nanoparticules d'argent par le champignon de la pourriture blanche, Phaenerochaete chrysosporium, Coll Surf B : Interf. 53, 55-59.

Wiley, BJ,; Sun, Y,; Mayers, B et Xia, Y. (2005). Synthèse à forme contrôlée de nanostructures métalliques : le cas de l'argent, Chem. Eur. J. 11, 454.

Machine Translated by Google

Zhu, J. J,; Koltypin, Y et Gedanken, A. (2000). Une méthode sonochimique générale pour la préparation de séléniures nanophasés : la synthèse de ZnSe. Chem. Mater, 12, 73.

Machine Translated by Google

© 2012 L'auteur(s). Titulaire de la licence IntechOpen. Il s'agit d'un article en libre accès distribué selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 3.0 , qui autorise l'utilisation, la distribution et la reproduction sans restriction sur n'importe quel support, à condition que l'œuvre originale soit correctement citée.