

Chapitre

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux

Attique Ur Rehman Khan, Muhammad Adnan,
Shaheen Begum, Ruqia Nazir et Sakina Mussarat

Abstrait

La synthèse de nanoparticules d'argent (AgNP) à partir de plantes, déjà utilisées à des fins médicinales, a démontré une meilleure efficacité pour guérir les maladies. Récemment, plusieurs recherches ont démontré que les AgNP constituent un agent antibactérien et anticancéreux prometteur. Les nanoparticules d'argent biosynthétisées (AgNP) sont une substance écologique, économique et biocompatible qui suscite un vif intérêt dans le traitement du cancer et l'inhibition des microbes pathogènes. Ce chapitre présente un rapport complet sur le développement récent des AgNP comme nanomédicaments synthétisés à partir d'extraits de plantes. Le rôle et le mécanisme d'action des AgNP comme agents antibactériens et anticancéreux ont été décrits, ouvrant la voie au développement de nanomédicaments ciblés pour traiter les maladies infectieuses et les maladies les plus complexes à traiter comme le cancer. La littérature scientifique souligne l'importance cruciale des AgNP et démontre leur efficacité accrue dans le traitement du cancer et des infections bactériennes.

Mots-clés : nanoparticules d'argent, biomarquage, conjugaison, phagocytose, polydispersité

1. Introduction

L'argent est largement utilisé depuis l'Antiquité en tant que métal noble. Hippocrate préconisait son utilisation dans le traitement des maladies et à des fins curatives [1]. Présent en abondance dans la nature, l'argent possède de multiples propriétés biologiques et biochimiques, ce qui en fait le candidat idéal pour les applications biomédicales. Il peut être utilisé comme antiseptique, composant de médicaments, pour son efficacité antimicrobienne, dans l'industrie pharmaceutique, la conservation des aliments, les cosmétiques, le bioétiquetage et pour ses propriétés optiques. AgCl et AgNO₃, formes ioniques de l'argent, ont provoqué des altérations cardiaques chez le rat, telles qu'une hypertrophie ventriculaire gauche, une hypersensibilité et une inhibition de la fonction normale des fibroblastes [2]. Les nanoparticules d'argent (AgNP) sont comparativement sûres et plus efficaces que les ions argent dans le traitement médical [3].

Récemment, la nanotechnologie a joué un rôle essentiel dans les domaines biomédicaux, du diagnostic et du traitement. les investissements, le secteur industriel, la finalité scientifique et la protection de l'environnement [4]. Les nanomatériaux ont une taille comprise entre 1 et 100 nm, ou des particules ayant au moins une dimension

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

inférieure à 100 nm [4]. En raison de caractéristiques physico-chimiques et biologiques uniques, telles qu'un grand rapport surface/volume, une excellente résonance plasmonique de surface, une conjugaison avec divers ligands pour obtenir la propriété souhaitée, une inhibition contre les microbes, une forte toxicité envers les cellules cancéreuses, des opérations catalytiques, les nanoparticules d'argent sont l'une des nanoparticules métalliques les plus étudiées à diverses fins scientifiques. En raison de leur très petite taille, elles pénètrent les capillaires sanguins et les tissus et deviennent plus efficaces dans le traitement du cancer. De plus, elles transportent les multiples médicaments sur leur grande surface et ont la capacité de se modifier et de se combiner chimiquement. Les activités antimicrobiennes et anticancéreuses des AgNP synthétisées vertes sont dues aux phytoconstituants fixés à leur surface [5]. Plusieurs études de recherche ont été menées sur une méthode verte pour synthétiser une gamme de nanoparticules métalliques, préoccupées par la charge mondiale croissante du cancer, qui ont montré un effet anticancéreux potentiel contre divers types de cellules cancéreuses [6].

Les organismes vivants unicellulaires ou multicellulaires mesurent généralement 10 µm. Les AgNP de petite taille (1 à 100 nm) peuvent donc interagir avec la paroi cellulaire des agents pathogènes bactériens, viraux et fongiques, et leurs nanocomplexes actifs peuvent pénétrer et rompre la capsule externe. La perméabilité de la membrane plasmique aux AgNP de petite taille leur permet de s'accumuler dans les compartiments cellulaires. La phagocytose, l'endocytose ou la micropinocytose sont les mécanismes d'absorption des nanoparticules dans les cellules eucaryotes [7].

Français Les applications croissantes des AgNPs dans le domaine de l'oncologie et de la microbiologie, ce chapitre met l'accent sur les importantes propriétés antibactériennes et anticancéreuses des AgNPs synthétisées par l'approche verte, les développements récents et la découverte de nouvelles perspectives en nanomédecine. En comparaison avec d'autres méthodes, les méthodes de Ram Prasad se sont avérées meilleures en raison de leur cinétique lente et de leur capacité à mieux manipuler la croissance et la stabilisation des cristaux. La synthèse biogénétique utilise des extraits de plantes sous forme aqueuse pour créer des nanoparticules nobles, car les extraits contiennent plus d'agents réducteurs que les plantes. La disponibilité des nanoparticules d'argent et de leurs divers métabolites fait de la synthèse de nanoparticules d'argent médiée par les plantes une méthode préférable [8]. Il existe plusieurs phyto-constituants qui sont censés réduire les ions argent, notamment les tanins, les terpénoïdes, les flavonoïdes, les cétones, les aldéhydes, les amides et les acides carboxyliques. Les extraits de plantes (composition chimique, quantité, méthode de conjugaison) et les nanoparticules (type, taille, forme, polydispersité, etc.) jouent un rôle influent dans les propriétés d'une méthode de bioconjugué [9].

Outre son coût de fabrication élevé, la méthode des ions argent n'a pas démontré son efficacité clinique lors d'essais contrôlés randomisés et ne peut être utilisée avec des solutions oxydantes telles que l'hypochlorite ou le H_2O_2 [10]. La production de nanoparticules d'argent (AgNP) à l'aide d'un four tubulaire présente plusieurs inconvénients, notamment son encombrement important, sa consommation énergétique importante, l'élévation de la température ambiante et le temps nécessaire à la stabilité thermique. Pour atteindre une température de fonctionnement stable, un four tubulaire nécessite généralement plusieurs kilowatts et plusieurs préchauffages [11]. La méthode des polysaccharides est très sensible à la température car la liaison entre les nanoparticules d'argent est très faible. Si la température est légèrement augmentée, la réaction réversible démarre et la séparation des nanoparticules d'argent est initiée, ce qui rend les nanoparticules instables [12].

2. Applications et importance des nanoparticules d'argent

Nanoparticules et nanocomposites synthétisés à partir de plantes contenant des métaux nobles, les nanoparticules d'argent sont des métaux largement utilisés en raison de leur potentiel incroyable et de leurs applications importantes. La diversité chimique et physique des AgNP suggère

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

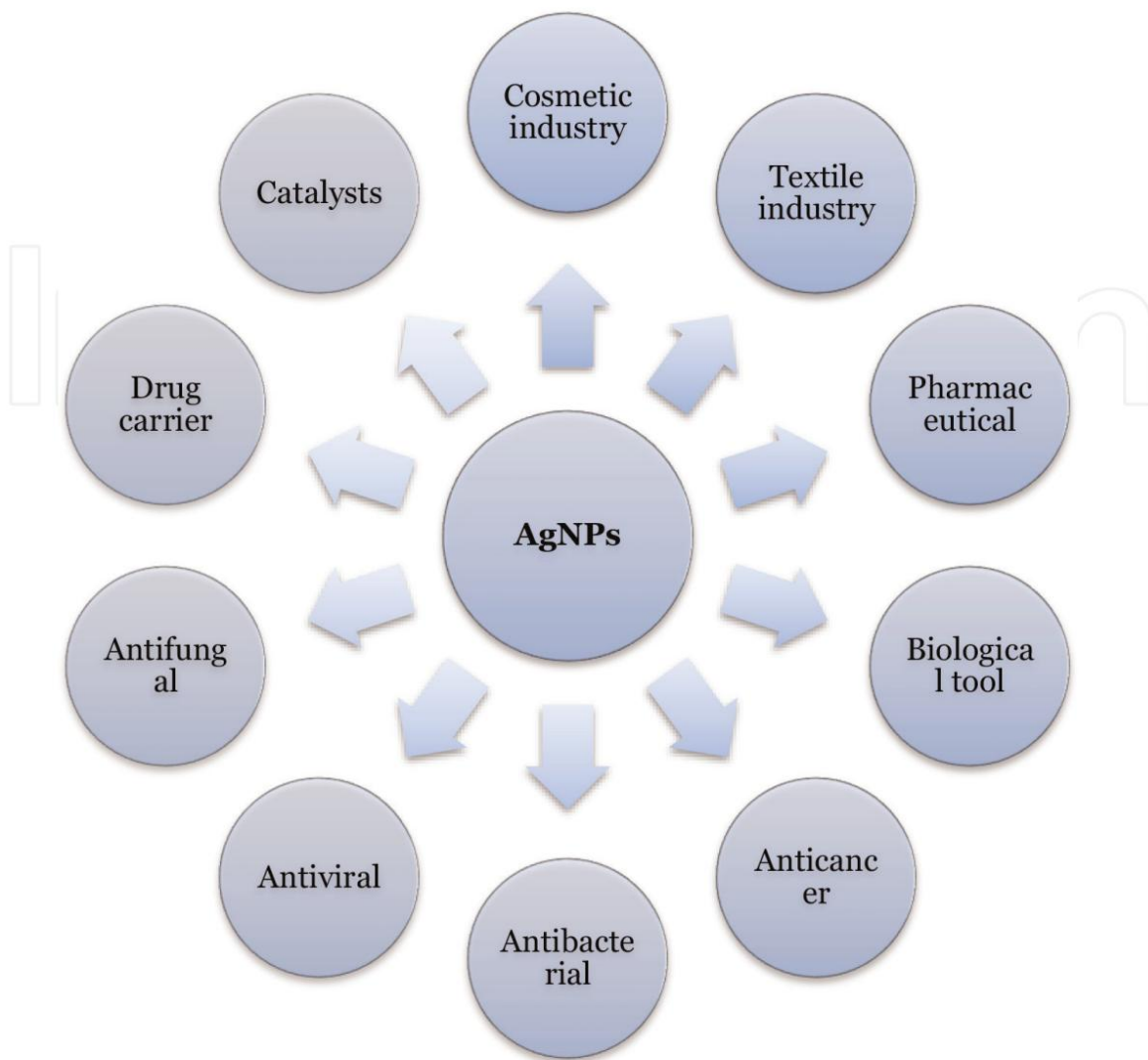


Figure 1.
Applications des AgNPs.

Les utilisations potentielles dans l'environnement et pour le bien-être de la vie humaine, en promouvant le programme « One Health », couvrent par exemple les domaines de l'agriculture, de l'industrie agroalimentaire, de la médecine et pour une meilleure santé humaine (Figure 1) [13–15]. Dans le traitement des cellules cancéreuses, les AgNP sont utilisées comme agents thérapeutiques en raison de leur potentiel oxydatif et apoptotique cellulaire [15, 16]. Les AgNP offrent de nouvelles utilisations en raison de leurs actions dépendantes de la taille et de leur capacité à former divers complexes avec des molécules naturelles ou synthétiques [17–19].

Les AgNP sont les nanoparticules azodimensionnelles les plus étudiées pour leurs utilisations remarquables et inégalées dans la science pharmaceutique, les problèmes infectieux, le soin des plaies, les antimicrobiens, l'emballage alimentaire et le secteur cosmétique [20]. Ces dernières années, les AgNP biosynthétisées ont montré de puissantes activités larvicides, bactéricides, fongicides, antioxydantes, antivirales, antidiabétiques et anticancéreuses [21]. Il existe environ 383 produits à base de nano-argent commercialisés sur le marché mondial, ce qui représente 24 % de tous les nanoproducts [22].

2.1 Les nanoparticules d'argent comme agent anticancéreux

Le cancer est l'une des maladies les plus difficiles à traiter. Il se définit par la division incontrôlable de cellules altérées. Il est la principale cause de mortalité et représente environ 70 % des décès.

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

décès dans les pays à revenu moyen et faible et 68 % de la population souffre du cancer [23]. À l'échelle mondiale, le fardeau du cancer pourrait atteindre 27 millions d'ici 2040 [24]. Les cancers les plus Les maladies couramment diagnostiquées dans la population humaine comprennent les maladies pulmonaires, thyroïdiennes, cervicales, hépatiques, Cancers de l'estomac, du cerveau, de la prostate, de l'utérus et du sein [19]. Les cancers les plus répandus sont le cancer du sein et de la prostate, qui touchent les femmes et les hommes. respectivement. Le domaine de la nanobiotechnologie du cancer a fourni une nouvelle direction à détecter, diagnostiquer et traiter le cancer [25]. AgNPs produites par la méthode verte avec revêtement phytochimique leur confère une plus grande efficacité que les AgNP produits par méthode chimique. La capacité à combiner la propriété anticancéreuse inhérente des AgNP avec les effets anticancéreux pharmacologiques pourraient être la clé du traitement des tumeurs malignes qui ne répondent plus à la chimiothérapie ou à la radiothérapie. Les AgNP à base de métal ont s'est avéré pro-oxydant dans divers types de cellules cancéreuses. Les phytoconstituants La berbérine isolée de plantes en combinaison avec des AgNP a montré une activité anticancéreuse synergique [26]. Plusieurs études publiées dans la littérature ont examiné la méthodes par lesquelles les AgNP exercent une action anticancéreuse. Parmi les lignées cellulaires cancéreuses étudiées la plupart des nanoparticules d'argent sont étudiées contre la lignée cellulaire du cancer du sein MCF-7. la taille des AgNP évaluées pour l'anticancéreux variait de 5 à 100 nm ; avec des formes variables telles que sphériques, cubiques et hexagonales. Les valeurs de CI50 des AgNPs synthétisées vertes Les extraits contre les lignées cellulaires étudiées variaient de 6 à 1 200 µg/mL. Certains études concernant l'évaluation in vitro des AgNP sur des lignées cellulaires cancéreuses représentées dans Tableau 1. Les AgNP synthétisés à partir des espèces de Mentha possèdent un effet inhibiteur contre

Plante utilisée	Partie utilisé	Taille (nm) et forme des AgNP	Valeur IC50 de la lignée cellulaire cancéreuse (µg ml 1)	Référence
Port de plaisance d'Avicennia	Feuilles	10 (sphérique)	Poumon A549 cellules cancéreuses	15 [27]
Litchi chinois	Feuilles	59 (sphérique)	MCF-7	40 [28]
Fagonia indica	Entier usine	10–60 (sphérique)	MCF-7	12.3
Fruit de Ganoderma néo-japonicum		5–8 (sphérique)	MDA-MB-231	6 [29]
Putranjiva roxburgi	feuilles	8 (sphérique)	MDA-MB-231, HCT-116 et PANC-1	0,54–0,00025 [30]
Jasmin officinal	Rhizome	9.2 (sphérique)	MCF-7, vessie (5637)	9,3–1,13,0 [31]
Noctiluca scintillans	cal	4,2 (sphérique)	MDA-MB-231	50 [32]
Euprenolepisprocera	Feuilles	60 (sphérique)	MCF-7	9,63 [19]
Nostoclinckia	Entier	9,39–25,89 (sphérique)	MCF-7	27,79 [33]
Solanum trilobatum	Graine manteau	41,90 (sphérique)	MCF-7	30 [34]
Elephantopusscaber	Peler	59 (sphérique et polygonal)	Colo-259	17.4 [35]
Zingiber officinale	graine	20–51 (sphérique)	HT-29	150,8 [36]
Chlorophytumborivilianum	peler	52 (sphérique)	HT-29	7 [37]
Oléachrysophylla, Lavande dentée	Aérien parties	328,6–284,5 (sphérique)	HCT116	99,35 [38]

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux
DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Plante utilisée	Partie utilisé	Taille (nm) et forme des AgNP	Valeur IC50 de la lignée cellulaire cancéreuse (µg ml 1)		Référence
Menthe des champs	Feuilles	100 (sphérique)	HCT116	1.7	[39]
Zanthoxylumrhesta	Feuilles	10–68 (sphériques)	A549	65,17	[40]
Punicagranatum	feuilles	6–45 (sphérique)	A549	5	[41]
Derris trifolié	feuilles	16,92 (sphérique)	A549	86,23	[42]
Dimocarpus longanlour	Peler	8–22 (sphérique)	H1299	5.33	[43]
Neptadéflersienne	Aérien parties	33 (cubique)	HeLa	23	[44]
Detarium microcarpum	Feuille	81 (cubique)	HeLa, PANC-1	31,5–1,84	[45]
Ginkgo biloba	feuille	40 (sphérique)	HeLa, SiHa	Dose dépendant	[46]
Rhizophora apiculata	feuille	>100 (sphérique)	HEK-293, HeLa	0,062–1,98	[47]
Punicagranatum	feuille	46,1 (sphérique)	HeLa	100	[41]
Allium sativum	feuille	100–800 (sphérique)	HePG2	31,25	[48]
Biergavuaerecta	feuille	15,9 (sphérique)	PA-1	25	[46]
Alternantherasessilis	Entier usine	30–50 (sphérique)	PC3	6.8	[49]
Dimocarpus longan	Peler	9–32 (cubique)	PC3	10	[43]
Périllafrutescens	Feuille	25.71 (sphérique et cubique)	COLO205, LNCaP	39,28–24,33	[50]
Salvia miltiorrhiza	feuille	100 (sphérique et hexagonal)	LNCaP	50	[51]
Zingiber officinale	Feuille	18,93 (sphérique)	AsPC-1PANC-1	312–1295	[36]
Punicagranatum	feuille	35–69 (sphérique)	HePG2	70	[41]
Elephantopusscaber	feuille	59 (sphérique)	MCF-7, A-549 et SCC-40	10	[35]
Tamarindus indica	Fruit coquille	20–30 (sphérique)	MCF-7	120	[24]
Chaetomorphaalum		Taille plus petite (sphérique)	HCT-116	48,84	[52]
Andrographis paniculata	Cellules souches	Vero de petite taille en forme de U		31,25	[53]
Phyllanthus niruri	Feuille			125	
Tinospora cordifolia	Feuille			250	
Conocarpus Lancifolius	Fruits	21 à 173 nm	MDA MB-231	16,8 µg/ml.	[54]
Tridax procumbens	Feuille	11.1–45.4	A459	42,70	[55]
Sambucus ebulus	Feuille	35–50	AGS et MCF-7	240	[56]
Parthénium hysterophorus	Feuille	20 sphériques	Hépatite G2	50	[57]
Cléome visqueuse	feuille	20–50	A549 et PA1	28 et 30 µg/mL	[58]
Pollen d'abeille	Feuille	44	MCF-7	90	[59]
chitosane,	Feuille	23	MDA-MB–231	4.6	[60]

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Plante utilisée	Partie utilisé	Taille (nm) et forme des AgNP	Valeur IC50 de la lignée cellulaire cancéreuse (µg ml 1)		Référence
Mimusops elengi	Fruit	43 forme sphérique	HT-29 et MCF7	155 et 179	[61]
Gloriosa superba	Tige	7 nm–14 sphérique	A549	46,54	[62]
Luffa acutangula,	Feuilles	8 sphériques	MCF-7	90	[63]
			MDA-MB-231	65	
			U87	80	
			DBTRG,	90	
(Pistacia terebinthus)	Feuilles	32 de forme sphérique	MCF-7	25	[58]
Hypericum perforatum	Feuilles	100	HeLa	7,71	[64]
			Hépatite G2	12.44	
Alternanthera sessilis	Aérien partie	10–30 nm/ sphérique	MCF-7	3.04	[65]
Alternanthera tenella	Feuille	48 nm/	MCF-7	42,5	[55]
Andrographis echinoides	Feuille	68,06 nm/cube, pentagonal, hexagone	MCF-7	31,5	[65]
Achillea biebersteinii	Fleur	12 nm/sphérique, pentagonal	MCF-7	20 µg/mL	[66]
Azadirachta indica	Feuille	40 nm/sphérique	MCF-7	10	[59]
oriandrum sativum	Feuille	37 nm/sphérique, tige, triangulaire, hexagonal	MCF-7	30,5	[67]
Citrullus colocynthis	Feuille	7,39 nm/sphérique	MCF-7	2,4 µg/mL	[68]
Dendrophthoe falcata	Feuille	5–45 nm/sphérique	MCF-7	7	[57]
Érythrine indica	Racine	20–118 nm/ sphérique	MCF-7	23,89	[60]
Melia dubia	Feuille	7,3 nm/irrégulier	MCF-7	31,2	[69]
Olax scandens		30–60 nm/ sphérique	MCF-7	30	[70]
Piper longum	Racine	46 nm/sphérique	MCF-7	67	[71]
Quercus (genre)	Fruit coque	46 sphériques	MCF-7	50	[34]
Rhume émodi	Racine	27,5 nm/sphérique	MCF-7	28	[47]
Sesbania grandiflora	Feuille	22 nm/sphérique	MCF-7	20	[72]
Solanum trilobatum	fruit	41,90 nm/ sphérique, polygonal	MCF-7	30	[46]
Syzygium cumini	Fruit	40 nm/sphérique	MCF-7	10	[73]
Syzygium aromaticum	Fruit	5–20 nm/sphérique	MCF-7	70	[74]
Tabernae montana diverger	Feuille	Moyenne 22,85 nm/ sphérique	MCF-7	20	[75]

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux
DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Plante utilisée	Partie utilisé	Taille (nm) et forme des AgNP	Valeur IC50 de la lignée cellulaire cancéreuse (µg ml ⁻¹)		Référence
Taxus baccata	Aiguilles moyennes	75,1 nm/ sphérique	MCF-7	0,25	[76]
Ulva lactuca	56 nm entiers/sphériques		MCF-7	37	[71]
Butea monosperma	FEUILLE	20–80 nm/ sphérique	HNGC2	67	
Azadirachta indica	Feuille	2–18 nm/ triangulaire, hexagonal	chiites	4.1	[77]
Mélia azedarach	Feuille	78 nm/cubique, sphérique	HeLa	300	[78]
Citrullus colocynthis	Feuille	16,57 nm/Sphérique	HCT-116	30	[79]
Gymnema sylvestre	Feuille	Sphérique	HT29	85	[80]

Clé : A-549 ; H1299 ; cancer du poumon, MCF-7, MDA-MB-231 ; lignées cellulaires du cancer du sein, SCC-40 ; cancer de la bouche, HCT-116, HT-29 ; cancer du côlon, PANC-1 ; cancer du pancréas, vessie (5637) ; cancer de la vessie, HeLa et SiHa ; cancer du col de l'utérus, HEK-293 ; cellules rénales embryonnaires humaines, HepG2 ; cancer du foie, PA-1 ; cellule de tératocarcinome ovarien, PC3 ; cancer de la prostate, et LNCaP; adénocarcinome de la prostate.

Tableau 1.
Activités anticancéreuses des nanoparticules d'argent (AgNP) synthétisées à partir de plantes.

Cellules cancéreuses du côlon HCT116 chez l'homme en inhibant la division cellulaire et en réduisant G1 phase [18]. Dans une autre étude, les AgNP synthétisés en vert à l'aide d'extraits de plantes ont montré puissante cytotoxicité contre le cancer du poumon [23]. AgNPs synthétisés à partir de fruits de Tamarindus indica et Nepeta deflersiana ont entraîné une apoptose et une cytotoxicité pour cancer du sein et du col de l'utérus. Un anticancéreux dose-dépendant l'effet observé peut être induit par le stress oxydatif qui conduit à la dégradation mitochondriale et une altération de l'ADN [24]. Des lignées cellulaires de cancers du foie, de l'estomac et de la prostate ont montré effets cytotoxiques contre les AgNPs des plantes de lotus [26]. AgNPs préparés à partir Crataegus microphylla (fruit) et Gossypium hirsutum (feuille) ont montré une distorsion considérable des cellules d'adénocarcinome gastrique [81]. Il a été rapporté que les AgNP ciblent les cellules d'adénocarcinome pulmonaire brisant l'hélice d'ADN, l'instabilité chromosomique et endommager les mitochondries des cellules cancéreuses [81]. Lorsque les AgNPs sont appliquées au MCF-7, il modifie les modifications des paramètres morphologiques, l'inhibition de la croissance cellulaire et perte significative de l'intégrité de la membrane plasmique.

Bien que les AgNP de grande taille > 100 nm puissent être plus efficaces, mais de petite taille <10 nm pénètrent dans la cellule, se localisent facilement à l'intérieur du noyau et peuvent induire cytotoxicité à un niveau plus élevé, comme rapporté par Avalos et al., que les nanoparticules de plus petite taille présentent une cytotoxicité plus importante que les tailles plus grandes dans le test MTT et la lactate déshydrogénase essais [82]. Le mécanisme impliqué dans l'induction de la cytotoxicité est (i) interruption de la respiration cellulaire et de la réplication de l'ADN due à l'absorption d'argent libre ions (ii) production de radicaux libres d'argent et d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) (iii) dommages à la membrane cellulaire [83]. Les AgNP induisent la production de ROS et réduisent glutathion (SGH), facteur nucléaire kB (NF-kB) et facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-1) dans les cellules). L'augmentation des niveaux de radicaux superoxydes perturbe la voie de transduction du signal mitochondrial, entraînant l'apoptose [84]. L'augmentation du niveau des espèces réactives de l'oxygène et la diminution du glutathion provoquent des dommages à différents composants de la cellule tels que la rupture de l'ADN, la peroxydation de la membrane lipidique et des protéines

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

carbonylation. L'apoptose se produit lorsque les caspases 3 et 9 sont activées à la suite d'un changement du potentiel de la membrane mitochondriale. Après cela, elle active la c-Jun NH₂terminal kinase (JNK), qui provoque des ruptures d'ADN provoquant l'arrêt du cycle cellulaire et la création de corps apoptotiques [85]. Les AgNP préparés à partir de plantes augmentent les phases sub-G1 du cycle cellulaire et présentent une puissante cytotoxicité. Chang et al. ont démontré un lien entre les arrêts sub-G1 dans les cellules cancéreuses traitées à la curcumine ont montré une apoptose plus importante, suggérant que les AgNP induisaient l'apoptose dans les cellules cancéreuses par une phase sub-G1 prolongée [86]. Cela implique que l'arrêt sub-G1 accru des cellules cancéreuses, qui est lié à l'induction de l'apoptose, peut entraîner la mort des cellules cancéreuses en raison de l'application d'AgNP. De plus, les AgNP synthétisés en vert ont empêché la formation de nouvelles cellules induite par le facteur de croissance de l'endothélium vasculaire (VEGF). Français Après avoir pénétré dans la cellule, les AgNP ont inhibé le VEGF et, par la voie dépendante de Src, la perméabilité vasculaire induite par 1 L-1 β s'est produite. [87]. En raison de cette efficacité anti-angiogénique, les AgNP sont recommandés comme nouvelle passerelle de traitement du cancer. Un autre mécanisme suggéré pour le potentiel anticancéreux des AgNP est la dégradation cellulaire induite par l'autophagie, qui entraîne la mort cellulaire. De plus, comme les autophagolysosomes s'accumulent dans les cellules cancéreuses et y sont plus répandus, les AgNP produits de manière verte encouragent l'autophagie, ce qui entraîne finalement la mort cellulaire [30].

2.2 Nanoparticules d'argent comme agent antibactérien

Les nanoparticules d'argent ont des propriétés antibactériennes et elles semblent de bon augure Les nanoparticules d'argent sont des agents antimicrobiens plus puissants et efficaces que les autres nanomatériaux issus de métaux nobles, en raison de leurs propriétés uniques, telles qu'un rapport surface/volume important, une toxicité accrue et une interaction avec les composés phosphorés et soufrés dans la cellule [88]. Ces caractéristiques en font d'excellents agents pour traiter diverses affections infectieuses microbiennes, ainsi que pour surmonter la résistance microbienne aux médicaments conventionnels, qu'ils soient utilisés seuls ou en association avec d'autres formulations thérapeutiques [89]. L'action synergique du nano-argent et d'une grande variété de phytoconstituants présente un large éventail de propriétés antibactériennes, car les nanoparticules d'argent sont facilement fabriquées à partir d'extraits de plantes avec une stabilité extraordinaire et une approche respectueuse de l'environnement. Selon un rapport, un agent antimicrobien contenant des ions argent peut endommager la membrane externe de la cellule ciblée en réagissant avec des protéines (groupe thiol), ce qui entraîne l'inactivation des enzymes bactériennes. L'argent réduit la réplication de l'ADN et dissocie le transport d'électrons de la phosphorylation oxydative lorsqu'il est appliqué. Français En conséquence, il interfère avec la perméabilité membranaire et inhibe les enzymes de la chaîne respiratoire et tue les microbes à très faible concentration [90, 91]. Les AgNP ont supprimé la croissance des bactéries à la concentration minimale inhibitrice (CMI) par exemple ; *Cestrum nocturnum* à une concentration de 0,25 $\mu\text{g/ml}$ a montré une zone d'inhibition de 36 mm contre *Citrobacter* qui étaye l'affirmation ci-dessus. À une dose de 10 $\mu\text{g/ml}$, *B. vulgaris* et *B. nigra* ont démontré une activité antibactérienne substantielle contre *S. aureus* (93 mm) tandis que les feuilles de *Ceratonia siliqua* ont montré une zone inhibitrice de 8 mm contre *E. coli* (tableau 1). *Ocimum sanctum* à une concentration de 5 $\mu\text{g/ml}$ a montré une zone d'inhibition de 11 mm contre *E. coli*. Lorsqu'ils ont été testés à des concentrations minimales inhibitrices, les AgNP ont montré une excellente perméabilité à travers les parois cellulaires bactériennes et les membranes plasmiques. Les AgNP interagissent avec les membranes plasmiques et libèrent des ions Ag⁺ dans le cytoplasme cellulaire. Ainsi, les mécanismes respiratoires et les processus d'échange d'ions ont été perturbés dans les membranes bactériennes et les mésosomes, et l'obstruction de la synthèse des protéines contenant du soufre sur les ribosomes [92]. Lorsque des nanoparticules produites biologiquement et

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux
DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Les solutions d'AgNO3 ont été combinées, leur action cytotoxique a été renforcée [93]. L'ajout d'ions Ag+ aux milieux de culture a réduit la production de biofilms par les bactéries.

pendant la croissance. Des expériences biologiques ont montré que les AgNPs possédaient des propriétés anti-biofilm propriétés de formation contre Gram positif (*Enterococcus faecalis* et *S. aureus*) et Gram négatif (*Shigella sonnei* et *Pseudomonas aeruginosa*) [94]. Tous ces mécanismes d'action montrent que les AgNP ont des capacités antibactériennes et qu'ils peuvent être utilisés comme médicaments antipathogènes pour réduire la prolifération des micro-organismes (tableau 2).

Plante utilisée	Concentration (µg/ml)	Bactéries	ZI (mm)	Référence
Coptis chinensis	12,50	Escherichia coli	12	[95]
Cestrum nocturnum	0,25	Citrobacter	36	[94]
	1	S. typhi	28	
	2	Escherichia faecalis	15	
	4	Escherichia coli	23	
	8	P. vulgaris	26	
	16	V. cholerae	41	
B. vulgaris	10	P. aeruginosa	77,57	[96]
		Escherichia coli	89,21	
		S. aureus	93,64	
B. nigar	10	P. aeruginosa	73,83	
		Escherichia coli	83,31	
		S. aureus	93.12	
C. burspastoris	15,50	P. aeruginosa	92,62	
		Escherichia coli	80,76	
		S. aureus	96.03	
Ceratonia siliqua	10	Escherichia coli	8	[97]
Helictere sisora	12,5	Escherichia coli	2	[98]
	100	V. cholerae	6	
Ocimum sanctum	5	Escherichia coli	11	[99]
		S. aureus	10	
Acalypha indica	10	Escherichia coli		[100]
Citrus aurantiifolia		Escherichia coli	7	[101]
Citrus sinensis			8	
Citrus limetta			6	
Citrus aurantiifolia		K. pneumoniae	6	
Citrus sinensis			8	
Citrus limetta			5	
Citrus aurantiifolia		S. aureus	5	
Citrus sinensis			5	
Citrus limetta			4	

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Plante utilisée	Concentration (µg/ml)	Bactéries	ZI (mm)	Référence
Citrus aurantiifolia		S. typhimurium	6	
Citrus sinensis			6	
Citrus limetta			4	
Zingiber officinale	100	Staphylococcus spp	6,5	[102]
Café arabica	0,05	Escherichia coli	2.3	[103]
	0,1		3.1	
	0,05	S. aureus	2.1	
	0,1		2.7	
Chlorophytum borivilianum	15	S. aureus	10	[37]
	30		17	
	60		29	
	15	P. aeruginosa	9	
	30		11	
	60		14	
Ficus sycomorus	50	Escherichia coli	9	[104]
		S. aureus	11	
		P. aeruginosa	11	
		K. pneumoniae	18	
		S. typhi	30	
		S. flexneri	16	
Zataria multiflora	20	S. aureus		[105]
		P. aeruginosa		
Mauve verticillée	100	A. hydrophila n	12.44	[106]
		A. salmonicida	28,64	
Camille sinensis	50	Escherichia coli	12,5	[107]
Rhizophora apiculata	21	B. subtilis	11	[108]
		Escherichia coli	14	
		K. pneumoniae	14	
		P. vulgaris	14	
		P. aeruginosa	12	
		S. typhi	14	
Dryopteris crassirhizoma	100	B. cereus	2	[109]
	150	P. aeruginosa	3	
Acacia leucophloea	25	S. aureus	15	[110]
	50	B. cereus	17,50	
	75	S. flexneri	17	
Olea europaea	7	S. aureus	2.7	[111]

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux
DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Plante utilisée	Concentration (µg/ml)	Bactéries	ZI (mm)	Référence
Conocarpus Lancifolius	2,5	s. aureus	4	[54]
	5		7,5	
	10		11	
	20		14	
	50		22	
	2,5	s. pneumoniae	3.8	
	5		7	
	10		10	
	20		11	
	50		19	
Tridax procumbens	20	Escherichia coli	11	[55]
		Shigella.ssp	15	
		Pseudomonas aeruginosa	20,66	
		Pseudomonas aeruginosa	15.33	
		Candida tropicalis	20	
Cléome visqueuse	10	s. aureus	11	[101]
	20		13	
	30		14	
	40		17	
	10	B. subtilis	10	
	20		12	
	30		13	
	40		14	
	10	Escherichia coli	10	
	20		13	
	30		15	
	40		16	
pollen d'abeille	100 µg/mL	B. subtilis	18	[59]
		P. aeruginosa	18	
		S. aureus	17	
		Escherichia coli	11	
Parthénium hysterophorus	60	Escherichia coli	17	[60]
		P. aeruginosa	18	
		B. subtilis	12	
		E. feacali	11	
		S. aureus	15	

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Plante utilisée	Concentration (µg/ml)	Bactéries	ZI (mm)	Référence
Gloriosa superba	40	Enterococcus faecalis	29	[62]
		Bacillus subtilis	24	
		Staphylococcus aureus	23	
Luffa acutangula	5	B. subtilis	7.2	[63]
		S. aureus	7,9	
		Escherichia coli	7.4	
P. americana	25	P. vermicola	24	[102]
		A. caviae	17	
	50	Escherichia coli	10	[103]
		Bacillus subtilis	8	
Taxus baccata Linn	25	Shigella dysenteriae	10	[77]
		Escherichia coli	12	
		Salmonella typhi	08	
Gardénia thailandica	50	S. aureus	12	[103]

Tableau 2.
Activité antibactérienne des nanoparticules d'argent (AgNP) issues de plantes.

2.3 Activité antifongique des nanoparticules d'argent

La résistance aux médicaments des champignons pathogènes augmente continuellement, il est donc nécessaire de développer un nouvel agent antifongique. L'agent antifongique était présent dans forme chimique, physique et biologique. Les plantes vertes qui prennent soin métabolites et particules affectifs utilisés contre la maladie fongique. Il existe de nombreuses nanoparticules qui sont utilisées contre les champignons, mais les nanoparticules d'argent ont le effet drastique contre de nombreuses maladies causées par les champignons [25]. Dans de nombreux Une étude a montré que les AgNPs étaient des agents antifongiques dans le traitement des maladies infectieuses fongiques [112]. Cette maladie affectait gravement les humains et les plantes. Les nanoparticules sont très efficaces contre les quatre agents pathogènes R. solani, F. oxysporum, S. sclerotiorum et S. rolfsii qui ont provoqué la maladie dans les cultures maraîchères et horticoles. L'activité des nanoparticules d'argent a été vérifiée à quatre concentrations différentes par rapport à ces espèces de champignons [113]. Les nanoparticules d'argent ont été observées comme étant les plus actives contre les Les espèces de Candida albican comprennent C. tropicalis, C. glabrata et C. parapsilosis. C. glabrata à concentration différente (0,01 µg 300 µg) avec différentes zones d'inhibition (05–70) [114] (Tableau 3).

Nom de la plante	Concentration µg	Champignon		Référence
Pulpe de Garcinia kola	75	Candida tropicalis	13	[115]
		Fusarium oxysperium	15	
Taxus baccata Linn	90	T. purpureogenus	22	[77]
Genévrier procera	50	C. albicans ATCC885653	14.3	
	50	C. neoformans ATCC16620	9,80	

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux
DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Nom de la plante	Concentration µg	Champignon		Référence
groseille rouge	30	Fusarium oxysporum	12	[116]
		Botrytis cinerea	26	
		Pestalotiopsis mangiferae	50	
E. tirucalli	923,4	B. cinérea	1.9	[117]
		R. stolonifera	3,5	
B. lanzan Spreng	50 ppm	Rhizoctonia solani.	47	[118]
	100 ppm		52	
Allium fistulosum	0,32 mg/mL	Aspergillus niger	08	[119]
	10 mg/mL		11	
	0,32 mg/mL	Candida albicans	07	
	10 mg/mL		10	
Cynara cardunculus	1,8 mg/mL	C. albicans	26,6	[120]
Glycosmis pentaphylla	11	A. alternata	15,5	[121]
		F. moniliforme	14,5	
		Colletotrichum lindemuthianum	9,5	
		Candida glabre	12	
O. vulgare	5 µL	Aspergillus flavus	7.7	[122]
	10 µL		11	
	5 µL	Fusarium moniliforme	7	
	10 µL		10	
	5 µL	Candida albicans	10	
	10 µL		18	
Bourrache officinale	100	Candida albicans	7	[123]
Alhagi graecorum	0,01 mmol/ml	C. albicans	14	[124]
		C. glabrata	18	
		C. parapsilosis	22	
		C. tropicales	21	
		C. krusei	15	
	0,02 mmol/ml	C. albicans	16	
		C. glabrata	21	
		C. parapsilosis	27	
		C. tropicales	25	
		C. krusei	17	
Mauve parviflora L	15 µg/mL	F. solani	81,1	[125]
		A. alternata	83	
		H. rostratum	88,6	
		F. oxysporum	80	

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Nom de la plante	Concentration µg	Champignon		Référence
Allium ampeloprasum	25 µg/mL	C. albicans	20.1	[126]
		C. glabrata	20,6	
		C. krusei	15.1	
		C. tropicalis	16.4	
		C. parapsilosis	18.4	
Mélia azedarach	20 µg/mL	Verticillium dahliae	87	[127]
Teucrium polium L	50 µg/mL	F. oxysporum	46	[128]
	100 µg/mL		54	
	150 µg/mL		54	
huile essentielle de plante	20 µg/mL	Aspergillus niger	11.33	[129]
	20 µg/mL	Aspergillus flavus	13.27	
		Candida albicans	9,87	
		Candida tropicalis	14,66	
		Candida kefyr	15.17	
maïs	25	C. albicans	0,021	[130]
Maïs	47 g	Candida albicans	62,5	[131]
Ferulago macrocarpa	250 µg/mL	Candida albicans	34	[132]
Lotus lalambensis	6,25	Candida albicans	10	[133]
	12,5		13	
	25		16	
	50		19	
Déchets d'herbe	2	F. solani	20	[134]
	5		38	
	10		60	

Tableau 3.
Activité antifongique des nanoparticules d'argent (AgNP) issues de plantes.

3. Conclusions

En raison de leur vaste gamme d'activités et de leurs caractéristiques physiques et chimiques uniques, les nanoparticules d'argent font actuellement l'objet de recherches approfondies. Les AgNP sont agents anticancéreux efficaces car ils affectent le cycle cellulaire, empêchent la croissance des cellules cancéreuses, provoquent un stress oxydatif et favorisent l'apoptose [135, 136]. Ils protègent contre les infections bactériennes et a montré un puissant effet antibactérien à des concentrations infimes. En raison de la résistance immunologique affaiblie des patients atteints de cancer, de tels La protection antimicrobienne est privilégiée pendant la chimiothérapie et la radiothérapie. La plupart des la littérature sur l'utilisation des AgNPs comme agent antibactérien et anticancéreux est assez rapportée récemment au cours du siècle actuel montrant que la nanomédecine a fait de nombreuses avancées dans années en cours et il reste encore beaucoup à explorer dans ce domaine [137–139]. Afin d'obtenir des informations uniques et améliorer les caractéristiques des NP d'argent, des recherches supplémentaires sur les AgNP il faut le faire.

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Les applications futures pourraient soulever des questions controversées, telles que le dosage pour différents tissus, les effets secondaires thérapeutiques, la biocompatibilité tissulaire spécifique ou la résistance microbienne aux nanoparticules. Les nanoparticules d'argent ont des actions qui semblent doubles, voire contradictoires selon la situation. Par exemple, elles peuvent être antioxydantes ou pro-oxydantes, biosensibles ou biorésistantes, selon le type de cellule ou d'organisme vivant. Avant d'être ajoutées aux cellules, les nanoparticules d'argent doivent être décrites en détail et leurs caractéristiques physiques et chimiques doivent être comprises. Ces caractéristiques résultent principalement de diverses techniques de synthèse d'AgNP, et seules les nanoparticules non toxiques doivent être privilégiées dans les bio-essais sur des modèles vivants.

Contributions des auteurs

Muhammad Adnan, Ruqia Nazir et Sakina Mussarat ont conçu l'idée du chapitre, ont contribué à sa rédaction et ont fourni des suggestions utiles. Sakina Mussarat et Attique ur Rehman Khan ont participé à la rédaction du manuscrit et ont réalisé toutes les analyses bibliographiques, conçu les figures et révisé la littérature. Tous les auteurs ont participé à la révision du contenu du chapitre, lu et approuvé la version finale.

Conflit d'intérêts

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt potentiel.

Détails de l'auteur

Attique Ur Rehman Khan¹ * † et , Muhammad Adnan² * † , Shaheen Begum³ , Ruqia Nazir¹ Sakina Mussarat²†

¹ Département de chimie, Université des sciences et technologies de Kohat, Kohat, Pakistan

² Département de botanique, Université des sciences et technologies de Kohat, Kohat, Pakistan

³ Département des sciences de l'environnement, Université des femmes Fatima Jinnah, Rawalpindi, Pakistan

*Adresse toute correspondance à : atteeqrehmankhan78@gmail.com et ghurzang@hotmail.com

† Ces auteurs ont contribué de manière égale.

IntechOpen

© 2023 Auteur(s). Titulaire de la licence : IntechOpen. Ce chapitre est distribué sous les termes de la licence Creative Commons Attribution (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), qui autorise l'utilisation, la distribution et la reproduction sans restriction sur tout support, à condition que l'œuvre originale soit correctement citée



Références

- [1] Russell A, Hugo W. 7 Activité antimicrobienne et action de l'argent. Progrès en chimie médicinale. 1994 ; 31 : 351-370
- [2] Jamieson WE, Fradet GJ, Abel JG, Janusz MT, Lichtenstein SV, MacNab JS, et al. Résultats sur sept ans avec la prothèse mécanique St Jude Medical Silzone. Journal de chirurgie thoracique et cardiovasculaire. 2009;137(5): 1109-1115. e1102
- [3] Ge L, Li Q, Wang M, Ouyang J, Li X, Xing MM. Nanoparticules d'argent dans les applications médicales : synthèse, performance et toxicité. Revue internationale de nanomédecine. 2014 ; 9:2399
- [4] Farokhzad OC, Langer R. Impact des nanotechnologies sur l'administration de médicaments. ACS Nano. 2009;3(1):16-20
- [5] Tadele KT, Abire TO, Feyisa TY. Nanoparticules d'argent synthétisées vertes à partir d'extraits de plantes : perspectives prometteuses pour le traitement du cancer : revue des résultats récents. Journal of Nanomedicine. 2021 ; 4 : 1040
- [6] Jha M, Shimpi NG. Synthèse verte de nano-argent colloïdal zéro-valent ciblant les cellules cancéreuses du poumon A549 : cytotoxicité in vitro. Journal de génie génétique et de biotechnologie. 2018;16(1):115-124
- [7] Skonieczna M, Hudy D. Activité biologique des nanoparticules d'argent et leurs applications en thérapie anticancéreuse. Londres, Royaume-Uni, Londres : IntechOpen ; 2018
- [8] Choi S, Kim KS, Yeon SH, Cha JH, Lee H, Kim CJ, et al. Fabrication de nanoparticules d'argent par réduction autorégulée par le tétrafluoroborate de 1-(2-hydroxyéthyl)-3-méthylimidazolium. Journal coréen de génie chimique. 2007;24(5):856-859
- [9] Park Y et al. Un nouveau changement de paradigme pour la synthèse verte de nanoparticules d'argent antibactériennes utilisant des extraits de plantes. Recherche toxicologique. 2014;30(3): 169-178
- [10] Li X, Xu H, Zhe-Sheng C et al. Biosynthèse de nanoparticules par des micro-organismes et leurs applications. Journal of Nanomaterials. 2011;11:1-16
- [11] Abou El-Nour KM et al. Synthèse et applications de nanoparticules d'argent. Journal arabe de chimie. 2010;3(3): 135-140
- [12] Jung J, Oh H, Noh H, Ji J, Kim S. Production de nanoparticules métalliques à l'aide d'un petit élément chauffant en céramique doté d'une zone de chauffage locale. Journal of Aerosol Science. 2006 ; 37(1) : 662-167
- [13] Ahmed KBR, Nagy AM, Brown RP, Zhang Q, Malghan SG, Goering PL. Nanoparticules d'argent : Importance des propriétés physicochimiques et de l'interférence des dosages sur l'interprétation des études de cytotoxicité in vitro. Toxicologie in vitro. 2017 ; 38 : 179-192
- [14] Bouwmeester H, Dekkers S, Noordam MY, Hagens WI, Bulder AS, De Heer C et al. Examen des aspects de sécurité sanitaire des nanotechnologies dans la production alimentaire. Toxicologie réglementaire et pharmacologie. 2009 ; 53(1):52-62
- [15] Aueviriyavit S, Phummiratch D, Maniratanachote R. Étude mécanistique des effets biologiques des nanoparticules d'argent et d'or dans les cellules Caco-2 – induction de la voie Nrf2/HO-1 par de fortes concentrations de nanoparticules d'argent. Toxicology Letters. 2014 ; 224(1) : 73-83

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

- [16] Rai M, Ingle AP, Birla S, Yadav A, Santos CAD. Rôle stratégique de nanoparticules de métaux nobles sélectionnées en médecine. *Revue critique de microbiologie*. 2016 ; 42(5) : 696-719
- [17] Mfouo-Tynga I, El-Hussein A, Abdel-Harith M, Abrahamse H. Capacité photodynamique des nanoparticules d'argent à induire des effets cytotoxiques sur des lignées cellulaires cancéreuses du sein et du poumon. *Revue internationale de nanomédecine*. 2014 ; 9(1) : 377-380
- [18] El-Hussein A, Hamblin MR. Génération de ROS et dommages à l'ADN par photo-inactivation médiée par des nanoparticules d'argent dans une lignée cellulaire de cancer du poumon. *IET Nanobiotechnology*. 2017;11(2):173-178
- [19] Hudecki A, Gola J, Ghavami S, Skonieczna M, Markowski J, Likus W, et al. Structure et propriétés des nanofibres à résorption lente obtenues par électrofilage (coaxial) comme supports tissulaires en médecine régénérative. *PeerJournal*. 2017;5:e4125
- [20] Deng H, McShan D, Zhang Y, Sinha SS, Arslan Z, Ray PC et al. Étude mécaniste de l'activité antibactérienne synergique de nanoparticules d'argent combinées et d'antibiotiques courants. *Sciences et technologies de l'environnement*. 2016;50(16):8840-8848
- [21] Calderón-Jiménez B, Johnson ME, Montoro Bustos AR, Murphy KE, Winchester MR, Vega Baudrit JR. Nanoparticules d'argent : avancées technologiques, impacts sociétaux et défis métrologiques. *Frontiers in Chemistry*. 2017 ; 5:6
- [22] Rafique M, Rafique MS, Kalsoom U, Afzal A, Butt SH, Usman A. Synthèse par ablation laser de nanoparticules d'argent dans l'eau et dépendance à la nature du laser. *Électronique optique et quantique*. 2019; 51(6):1-11
- [23] Javed B, Nadhman A, Razzaq A. Phytosynthèse monotope de nanoparticules d'argent issues de *Mentha longifolia* L. : caractérisation et évaluation du potentiel photodynamique. *Materials Research Express*. 2020 ; 7(5):055401
- [24] Jabeen S, Qureshi R, Munazir M, Maqsood M, Munir M, Shah SH et al. Application des nanoparticules d'argent synthétiques vertes au traitement du cancer : revue critique. *Materials Research Express*. 2020 ; 7(5):055401
- [25] Kowsalya E, MosaChristas K, Balashanmugam P, Rani JC. Nanoparticules d'argent biocompatibles/nanofibres électrofilées de poly(alcool vinylique) pour applications potentielles d'emballage alimentaire antimicrobien. *Emballage alimentaire et durée de conservation*. 2019 ; 21(7) : 100-379
- [26] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Statistiques mondiales sur le cancer 2020 : estimations GLOBOCAN de l'incidence et de la mortalité mondiales pour 36 cancers dans 185 pays. *CA : une revue du cancer pour les cliniciens*. 2021 ; 71(3) : 209-249
- [27] Tian S, Saravanan K, Mothana RA, Ramachandran G, Rajivgandhi G, Manoharan N. Activité anticancéreuse des nanoparticules d'argent biosynthétisées par *Avicennia marina* contre les cellules cancéreuses pulmonaires A549 par dommages ROS/mitochondriaux. *Revue saoudienne des sciences biologiques*. 2020 ; 27(11) : 3018-3024
- [28] Iqbal MJ, Ali S, Rashid U, Kamran M, Malik MF, Sughra K, et al. Biosynthèse de nanoparticules d'argent issues d'extraits de feuilles de *Litchi chinensis* et son impact biologique dynamique sur les cellules microbiennes et les lignées cellulaires cancéreuses humaines. *Biologie cellulaire et moléculaire*. 2018;64(13):42-47
- [29] Gurunathan S, Raman J, Abd Malek SN, John PA, Vikineswary S.

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir de *Ganoderma neo-japonicum* Imazeki : un agent cytotoxique potentiel contre les cellules cancéreuses du sein. *Revue internationale de nanomédecine*. 2013 ; 8 : 4399

[30] Balkrishna A, Sharma VK, Das SK, Mishra N, Bisht L, Joshi A et al. Caractérisation et effet anticancéreux des nanoparticules d'argent méditées par l'extrait de graines de *Putranjiva roxburghii* sur les lignées cellulaires cancéreuses du côlon humain (HCT-116), du pancréas (PANC-1) et du sein (MDA-MB 231) : une étude comparative. *Journal international de nanomédecine*. 2020;15:573

[31] Elhawary S, Hala EH, Mokhtar FA, Mansour Sobeh EM, Osman S, El-Raey M. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de feuilles de *Jasminum officinal* L. et évaluation de l'activité cytotoxique sur les lignées cellulaires de cancer de la vessie (5637) et du sein (MCF-7). *Revue internationale de nanomédecine*. 2020 ;15:9771

[32] Elgamouz A, Idriss H, Nassab C, Bihi A, Bajou K, Hasan K, et al. Synthèse verte, caractérisation, antimicrobien, anticancéreux et optimisation de la détection colorimétrique du peroxyde d'hydrogène des nanoparticules d'argent recouvertes d'extrait d'algues. *Nanomatériaux*. 2020;10(9):1861

[33] El-Naggar NE-A, Hussein MH, El-Sawah AA. Biofabrication de nanoparticules d'argent par la phycocyanine, caractérisation, activité anticancéreuse in vitro sur une lignée cellulaire de cancer du sein et cytotoxicité in vivo. *Rapports scientifiques*. 2017;7(1):1-20

[34] Ramar M, Manikandan B, Marimuthu PN, Raman T, Mahalingam A, Subramanian P et al. Synthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de fruits de *Solanum trilobatum* et de son activité antibactérienne et cytotoxique contre

lignée cellulaire de cancer du sein humain MCF 7. *Spectrochimica Acta Partie A : Spectroscopie moléculaire et biomoléculaire*. 2015 ; 140 : 223-228

[35] Shinde AS, Mendhulkar V. Activité antiproliférative des nanoparticules d'argent méditées par *Elephantopus scaber* contre les lignées cellulaires cancéreuses humaines MCF-7, A-549, SCC-40 et COLO-205. *Revue asiatique de recherche pharmaceutique et clinique*. 2020 ; 13(2) : 163-167

[36] Venkatadri B, Shanparvish E, Rameshkumar M, Arasu MV, Al-Dhabi NA, Ponnusamy VK et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait aqueux de rhizome de *Zingiber officinale* et de *Curcuma longa* : Potentiel anticancéreux in vitro sur cellules HT-29 de carcinome du côlon humain. *Journal saoudien des sciences biologiques*. 2020;27(11): 2980-2986

[37] Huang F, Long Y, Liang Q, Purushotham B, Swamy MK, Duan Y. Biosynthèse de nanoparticules d'argent méditée par des cals de *Safed Musli* (*Chlorophytum borivilianum* L.) et évaluation de leur activité antimicrobienne et de leur cytotoxicité contre les cellules cancéreuses du côlon humain. *Journal of Nanomaterials*. 2019;2019

[38] Sufyani A, Moslah N, Hussien NA, Hawsawi YM. Caractérisation et potentiel anticancéreux des nanoparticules d'argent biosynthétisées à partir d'extraits de feuilles d'*Olea chrysophylla* et de *Lavandula dentata* sur des cellules cancéreuses du côlon HCT116. *Journal des nanomatériaux*. 2019;2019

[39] Banerjee PP, Bandyopadhyay A, Harsha SN, Policegoudra RS, Bhattacharya S, Karak N, et al. Les nanoparticules d'argent vert méditées par *Mentha arvensis* (Linn.) déclenchent la mort cellulaire dépendante de la caspase 9 dans les cellules MCF7 et MDA-

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Cellules MB-231. Cancer du sein : cibles et traitement. 2017 ; 9 : 265

[40] Nayaka S, Chakraborty B, Pallavi S, Bhat MP, Shashiraj K, Ghasti B.

Synthèse de nanoparticules d'argent biogéniques utilisant l'extrait de tégument de graine de *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC comme agent réducteur et évaluation in vitro de l'effet

anticancéreux sur la lignée cellulaire du cancer du poumon A549. *Revue internationale de recherche pharmaceutique*. 2020;12(3):302-314

[41] Annu M, Ahmed S, Kaur G, Sharma P, Singh S, Ikram S. Évaluation de l'activité antioxydante, antibactérienne et anticancéreuse (lignée cellulaire de cancer du poumon A549) des nanoparticules d'argent médiées par *Punica granatum*. *Recherche toxicologique*. 2018;7(5):923-930

[42] Cyril N, George JB, Joseph L, Raghavamenon A, Vp S. Évaluation des activités antioxydantes, antibactériennes et antiprolifératives (lignée cellulaire du cancer du poumon A549) des nanoparticules d'argent vertes synthétisées à partir de *Derris trifoliata*. *Recherche en toxicologie*. 2019;8(2):297-308

[43] He Y, Du Z, Ma S, Cheng S, Jiang S, Liu Y, et al. Biosynthèse, activité antibactérienne et effets anticancéreux sur les cellules cancéreuses de la prostate (PC-3) de nanoparticules d'argent à l'aide de *Dimocarpus Longan* Lour. *Extrait de pelure*. *Nanoscale Research Letters*. 2016;11(1):1-10

[44] Al-Sheddi ES, Farshori NN, Al-Oqail MM, Al-Massarani SM, Saqib Q, Wahab R et al. Potentiel anticancéreux des nanoparticules d'argent vertes synthétisées à l'aide d'un extrait de *Nepeta deflersiana* contre les cellules cancéreuses du col de l'utérus humain (HeLA). *Chimie bio-organique et applications*. 2018 : 1-12

[45] Adebayo IA, Arsad H, Gagman HA, Ismail NZ, Samian MR. Effet inhibiteur de nanoparticules d'argent synthétiques, respectueuses de l'environnement, issues d'extraits de feuilles.

Effet de la plante médicinale *Detarium microcarpum* sur les cellules cancéreuses du pancréas et du col de l'utérus. *Revue Asie-Pacifique de prévention du cancer : APJCP*. 2020 ; 21(5) : 1247

[46] Xu Z, Feng Q, Wang M, Zhao H, Lin Y, Zhou S. Des nanoparticules d'argent biosynthétisées vertes avec des extraits aqueux de *ginkgo biloba* induisent l'apoptose par voie mitochondriale dans les cellules cancéreuses du col de l'utérus. *Frontiers in Oncology*. 2020;10:575415

[47] Liu X, Shan K, Shao X, Shi X, He Y, Liu Z, et al. Effets nanotoxiques des nanoparticules d'argent sur les cellules HEK-293 normales par rapport à la lignée cellulaire HeLa cancéreuse. *Revue internationale de nanomédecine*. 2021 ; 16:753

[48] Palle SR, Penchalaneni J, Lavudi K, Gaddam SA, Kotakadi VS, Challagundala VN. Synthèse verte de nanoparticules d'argent par des extraits de feuilles de *Boerhavia erecta*, caractérisation spectrale et études de leurs propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et cytotoxiques sur des lignées cellulaires cancéreuses de l'ovaire. *Lettres d'Applied NanoBioScience*. 2020;9: 1165-1176

[49] Firdhouse MJ, Laliitha P. Biosynthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extrait d'*Alternanthera sessilis* — Effet antiprolifératif sur les cellules cancéreuses de la prostate. *Cancer Nanotechnology*. 2013;4(6):137-143

[50] Reddy N, Li H, Hou T, Bethu M, Ren Z, Zhang Z. Phytosynthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de feuille de *Perilla frutescens* : caractérisation et évaluation des activités antibactérienne, antioxydante et anticancéreuse. *Revue internationale de nanomédecine*. 2021 ; 16:15

[51] Zhang K, Liu X, Samuel Ravi SOA, Ramachandran A, Aziz Ibrahim IA, Nassir AM, et al. Synthèse de nanoparticules d'argent (AgNP) à partir d'extrait de feuille

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

- de *Salvia miltiorrhiza* et de son potentiel anticancéreux dans les lignées cellulaires LNCaP du cancer de la prostate humain. Cellules artificielles, nanomédecine et biotechnologie. 2019 ; 47(1) : 2846-2854
- [52] Acharya D, Satapathy S, Somu P, Parida UK, Mishra G. Effet apoptotique et activité anticancéreuse des nanoparticules d'argent biosynthétisées à partir d'extrait d'algues marines *Chaetomorpha linum* contre les cellules cancéreuses du côlon humain HCT-116. Recherche sur les oligo-éléments biologiques. 2021 ; 199(5) : 1812-1822
- [53] Sharma D et al. Potentiel antimicrobien et cytotoxique des nanoparticules d'argent synthétisées à partir d'extraits de racines de *Rheum emodi*. New Frontiers in Chemistry. 2015;24(2):121
- [54] Oves M et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent par l'extrait de plante *Conocarpus Lancifolius* et leurs activités antimicrobiennes et anticancéreuses. Revue saoudienne des sciences biologiques. 2022;29(1):460-471
- [55] Pungle R et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'un extrait de plante *Tridax procumbens* et évaluation de ses activités antimicrobiennes et anticancéreuses. Médecine oxydative et longévité cellulaire. 2022 : 1-14
- [56] Hashemi Z et al. Synthèse verte durable de nanoparticules d'argent à l'aide d'extrait phénolique de *Sambucus ebulus* (AgNPs@SEE) : Optimisation et évaluation de la dégradation photocatalytique de l'orange de méthyle et de leur activité antibactérienne et anticancéreuse in vitro. Journal arabe de chimie. 2022 ; 15(1):103525
- [57] Ahsan A et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir de *Parthenium hysterophorus* : optimisation, caractérisation et évaluation thérapeutique in vitro. Molecules. 2020 ; 25(15)
- [58] Lakshmanan G et al. Synthèse végétale de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de fruit de *Cleome viscosa* L. : évaluation de leur activité antibactérienne et anticancéreuse. Karbala International Journal of Modern Science. 2018 ; 4(1) : 61-68
- [59] Al-Yousef HM et al. Synthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extraits aqueux de pollen d'abeille et évaluation de leurs activités anticancéreuses et antibactériennes. PRO. 2020;8(5):52
- [60] Venkatesan J et al. Activités antimicrobiennes et anticancéreuses des nanoparticules d'argent poreuses biosynthétisées par chitosane-alginate. Revue internationale des macromolécules biologiques. 2017 ; 98 : 515-525
- [61] Korkmaz N et al. Nanoparticules d'argent biogéniques synthétisées à partir d'un extrait de fruit de *Mimusops elengi* : étude des activités antibiofilm, antibactériennes et anticancéreuses. Journal of Drug Delivery Science and Technology. 2020 ; 59:101864
- [62] Murugesan AK et al. Synthèse et caractérisation faciles de nanoparticules d'argent recouvertes d'extrait de tubercule de *Gloriosa superba* L. (GST-AgNP) et leurs activités antibactériennes et anticancéreuses potentielles contre les cellules cancéreuses humaines A549. Nanotechnologie environnementale, surveillance et gestion. 2021;15: 100460
- [63] Naghmachi M, Raissi A, Baziyar P, Homayoonfar F, Amirmahani F, Danaei M. Synthèse verte de nanoparticules d'argent (AgNP) par extrait de *Pistacia terebinthus* : évaluation complète des effets antimicrobiens, antioxydants et anticancéreux. Communications de recherche biochimique et biophysique. 2022 ;608 :163-169
- [64] Firdhouse J, Lalitha P. Efficacité apoptotique des nanoparticules d'argent biogéniques

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

sur les lignées cellulaires MCF-7 du cancer du sein humain.
Progrès dans les biomatériaux. 2015;4:113

et Photobiologie B : Biologie. 2016;163: 69-76

[65] Sathishkumar P et al. Phytosynthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de feuille d'*Alternanthera tenella* : un inhibiteur efficace de la migration des cellules d'adénocarcinome mammaire humain (MCF-7). Ingénierie des bioprocédés et des biosystèmes. 2016 ; 39(4) : 651-659

[66] Sre PR et al. Effet antibactérien et cytotoxique des nanoparticules d'argent synthétisées biologiquement à partir d'extrait aqueux de racine d'*Erythrina indica* lam. Spectrochimica Acta Partie A : Spectroscopie moléculaire et biomoléculaire. 2015 ; 135 : 1137-1144

[67] Kathiravan V et al. Synthèse de nanoparticules d'argent issues d'extrait de feuille de *Melia dubia* et leur activité anticancéreuse in vitro. Spectrochimica Acta, partie A : Spectroscopie moléculaire et biomoléculaire. 2014 ; 130 : 116-121

[68] Reddy N et al. Évaluation des effets antioxydants, antibactériens et cytotoxiques des nanoparticules d'argent vertes synthétisées par le fruit de *Piper longum*. Science et ingénierie des matériaux : C. 2014;34:115-122

[69] Heydari R, Rashidipour M. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de coque de chêne (*Jaft*) : synthèse et effet cytotoxique in vitro sur les cellules MCF-7. Revue internationale du cancer du sein. 2015 : 2015

[70] Jeyaraj M et al. Nanoparticules d'argent biogéniques pour le traitement du cancer : rapport expérimental. Colloïdes et surfaces B : Biointerfaces. 2013 ; 106 : 86-92

[71] Sathishkumar P et al. Efficacité anti-acnéique, antipelliculaire et anti-cancer du sein des nanoparticules d'argent synthétiques vertes issues d'extraits de feuilles de *Coriandrum sativum*. Journal of Photochemistry

[72] Mittal AK et al. Études comparatives du potentiel anticancéreux et antimicrobien des nanoparticules d'argent et d'argent-sélénium bioinspirées. Journal of Materials NanoScience. 2016;3(2):22-27

[73] Venugopal K et al. Synthèse de nanoparticules d'argent (NP d'Ag) à visée anticancéreuse (lignées cellulaires mammaires MCF 7 et pulmonaires A549) à partir d'extrait brut de *Syzygium aromaticum*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2017;167:282-289

[74] Devaraj P et al. Synthèse et caractérisation de nanoparticules d'argent à partir de *Tabernaemontana divaricata* et de son activité cytotoxique contre la lignée cellulaire MCF7. Revue internationale de pharmacie et des sciences pharmaceutiques. 2014 ; 6(8) : 86-90

[75] Kajani AA et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent anisotropes à forte activité anticancéreuse à partir d'extrait de *Taxus baccata*. RSC Advances. 2014 ; 4(106) : 61394-61403

[76] Devi JS, Bhimba BV, Ratnam K. Activité anticancéreuse in vitro de nanoparticules d'argent synthétisées à partir d'un extrait de *Gelidiella* sp. Revue internationale de pharmacie et des sciences pharmaceutiques. 2012;4(4):710-715

[77] Mishra A et al. Effet des nanoparticules d'argent synthétisées biologiquement sur les cellules cancéreuses humaines. Science of Advanced Materials. 2012;4(12):1200-1206

[78] Sukirtha R et al. Effet cytotoxique des nanoparticules d'argent vertes synthétisées à partir de *Melia azedarach* sur des lignées cellulaires HeLa in vitro et un modèle murin de lymphome. Process Biochemistry. 2012 ; 47(2) : 273-279

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

- [79] Shawkey AM et al. Nanotechnologie verte : Activité anticancéreuse des nanoparticules d'argent issues d'extraits aqueux de *Citrullus colocynthis*. *Progrès en sciences et technologies de la vie*. 2013 ; 13 : 60-70
- [80] Arunachalam KD et al. Propriétés anticancéreuses potentielles des composés bioactifs de *Gymnema sylvestre* et de ses nanoparticules d'argent biofonctionnalisées. *Journal international de nanomédecine*. 2015;10:31
- [81] Kanipandian N, Li D, Kannan S. Induction de la voie de signalisation apoptotique intrinsèque dans les cellules cancéreuses pulmonaires A549 à l'aide de nanoparticules d'argent issues de *Gossypium hirsutum* et évaluation de la toxicité in vivo. *Biotechnology Reports*. 2019;23: e00339
- [82] Avalos A, Haza AI, Mateo D, Morales P. Interactions de nanoparticules d'argent fabriquées de différentes tailles avec des fibroblastes dermiques humains normaux. *Journal international des plaies*. 2016; 13(1):101-109
- [83] Mei L, Xu Z, Shi Y, Lin C, Jiao S, Zhang L, et al. Nanocomposites multivalents et synergiques d'oligosaccharides de chitosane et d'Ag pour le traitement des infections bactériennes. *Rapports scientifiques*. 2020 ; 10(1) : 1-9
- [84] Fani S, Kamalidehghan B, Lo KM, Nigjeh SE, Keong YS, Dehghan F et al. Activité anticancéreuse d'un complexe monobenzylétain C1 contre les cellules MDA-MB-231 par induction de l'apoptose et inhibition des cellules souches du cancer du sein. *Rapports scientifiques*. 2016;6(1):1-15
- [85] Verano-Braga T, Miethling-Graff R, Wojdyla K, Rogowska-Wrzesinska A, Brewer JR, Erdmann H, et al. Aperçu de la réponse cellulaire déclenchée par les nanoparticules d'argent à l'aide de méthodes quantitatives protéomique. *ACS Nano*. 2014;8(3): 2161-2175
- [86] Nadeem M, Khan R, Afridi K, Nadhman A, Ullah S, Faisal S, et al. Synthèse verte de nanoparticules d'oxyde de cérium (CeO₂ NP) et leurs applications antimicrobiennes : une revue. *Journal international de nanomédecine*. 2020;15:5951
- [87] Hembram KC, Kumar R, Kandha L, Parhi PK, Kundu CN, Bindhani BK. Perspective thérapeutique des nanoparticules d'argent d'origine végétale : application comme agent antimicrobien et anticancéreux. *Cellules artificielles, nanomédecine et biotechnologie*. 2018;46(supp. 3):S38-S51
- [88] Yin IX, Zhang J, Zhao IS, Mei ML, Li Q, Chu CH. Le mécanisme antibactérien des nanoparticules d'argent et son application en dentisterie. *Revue internationale de nanomédecine*. 2020 ; 15:2555
- [89] Khatoon N, Alam H, Khan A, Raza K, Sardar M. Nanoformulations d'ampicilline argentique contre les bactéries multirésistantes. *Rapports scientifiques*. 2019;9(1):1-10
- [90] Durán N, Durán M, De Jesus MB, Seabra AB, Fávaro WJ, Nakazato G. Nanoparticules d'argent : une nouvelle approche des aspects mécanistiques de l'activité antimicrobienne. *Nanomédecine : Nanotechnologie, biologie et médecine*. 2016 ; 12(3) : 789-799
- [91] Du J, Tang J, Xu S, Ge J, Dong Y, Li H, et al. Une revue sur l'écotoxicité induite par les nanoparticules d'argent et les mécanismes de toxicité sous-jacents. *Toxicologie et pharmacologie réglementaires*. 2018;98:231-239
- [92] Rasheed T, Bilal M, Iqbal HM, Li C. Biosynthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extraits de feuilles d'*Artemisia vulgaris* et leur potentiel

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

Applications biomédicales. Colloïdes et surfaces
B : Biointerfaces. 2017 ; 158 : 408-415

Nanoparticules d'argent issues d'extrait aqueux de feuilles d'Ocimum sanctum pour une activité antibactérienne renforcée. Journal of Chemistry. 2013;2013

[93] Baghani M, Es-haghi A.

Caractérisation des nanoparticules d'argent biosynthétisées à partir d'Amaranthus cruentus. Bioinspiré, Biomimétique et Nanobiomatériaux. 2020 ; 9(3) : 129-136

[100] Krishnaraj C, Jagan E, Rajasekar S, Selvakumar P, Kalaichelvan P, Mohan N.

Synthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extraits de feuilles d'Acalypha indica et de son activité antibactérienne contre les agents pathogènes d'origine hydrique. Colloïdes et surfaces B : Biointerfaces. 2010 ; 76(1) : 50-56

[94] Keshari AK, Srivastava R, Singh P, Yadav VB, Nath G. Activité antioxydante et

antibactérienne des nanoparticules d'argent synthétisées par Cestrum nocturnum. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine. 2020;11(1):37-44

[101] Hungund BS, Dhulappanavar GR, Ayachit NH. Évaluation comparative de l'activité

antibactérienne des nanoparticules d'argent biosynthétisées à partir de jus de fruits. Journal of Nanomedicine & Nanotechnology. 2015;6(2):1

[95] Ahmad A, Wei Y, Syed F, Tahir K, Rehman AU, Khan A, et al. Les effets de l'interface bactéries-

nanoparticules sur l'activité antibactérienne des nanoparticules d'argent synthétisées vertes.

Pathogénèse microbienne. 2017;102: 133-142

[102] Velmurugan P, Anbalagan K,

Manosathyadevan M, Lee KJ, Cho M, Lee SM, et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent et d'or à partir d'extrait de racine de Zingiber officinale et activité antibactérienne des nanoparticules d'argent contre les agents pathogènes alimentaires. Ingénierie des bioprocédés et des biosystèmes. 2014;37(10) : 1935-1943

[96] Salayová A, Bedlovičová Z, Daneu N, Baláž M, Lukáčová

Bujňáková Z, Balážová L', et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à activité antibactérienne à l'aide de divers extraits de plantes médicinales : morphologie et efficacité antibactérienne. Nanomatériaux. 2021;11(4):1005

[103] Dhand V, Soumya L, Bharadwaj S, Chakra S, Bhatt D, Sreedhar B. Synthèse verte de

nanoparticules d'argent à partir d'extrait de graines de Coffea arabica et de son activité antibactérienne. Science et ingénierie des matériaux : C. 2016 ; 58:36-43

[97] Awwad AM, Salem NM, Abdeen AO.

Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de feuille de caroube et de son activité antibactérienne. Revue internationale de chimie industrielle. 2013 ; 4(1) : 1-6

[104] Salem W, Haridy M, Sayed W, Hassan N. Activité antibactérienne des nanoparticules

d'argent synthétisées à partir de latex et d'extrait de feuille de Ficus sycomorus.

Cultures et produits industriels. 2014;62: 228-234

[98] Bhakya S, Muthukrishnan S, Sukumaran M, Muthukumar M.

Synthèse biogénique de nanoparticules d'argent et leur activité antioxydante et antibactérienne.

Applied Nanoscience. 2016 ; 6(5) : 755-766

[105] Sheikholeslami S, Mousavi SE, Ashtiani

HRA, Doust SRH, Rezayat SM.

Activité antibactérienne des

nanoparticules d'argent et leur combinaison avec l'huile essentielle de zataria multiflora et

[99] Ramteke C, Chakrabarti T, Sarangi

BK, Pandey RA. Synthèse de

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

Extrait méthanolique. Jundishapur Journal of Microbiology. 2016;9(10)

[106] Sk I, Khan MA, Haque A, Ghosh S, Roy D, Homechuadhuri S, et al.

Synthèse de nanoparticules d'or et d'argent à partir d'extraits de feuilles de *Malva verticillata* : étude de la réduction catalysée des bases nitro-Schiff par les nanoparticules d'or et de l'activité antibactérienne des nanoparticules d'argent. Recherches actuelles en chimie verte et durable. 2020 ;3:100006

[107] Sun Q, Cai X, Li J, Zheng M, Chen Z, Yu CP. Synthèse écologique de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de feuille de thé et évaluation de leur stabilité et de leur activité antibactérienne. Colloïdes et surfaces A : Aspects physicochimiques et techniques. 2014 ; 444 : 226-231

[108] Antony JJ, Sivalingam P, Siva D, Kamalakkannan S, Anbarasu K, Sukirtha R et al. Évaluation comparative de l'activité antibactérienne des nanoparticules d'argent synthétisées à partir de *Rhizophora apiculata* et de glucose. Colloïdes et surfaces B : Biointerfaces. 2011 ; 88(1) : 134-140

[109] Lee JH, Lim JM, Velmurugan P, Park YJ, Park YJ, Bang KS et al. Fabrication photobiologique de nanoparticules d'argent à activité antibactérienne. Journal of Photochemistry and Photobiology B : Biologie. 2016 ; 7(162) : 93-99

[110] Murugan K, Senthilkumar B, Senbagam D, Al-Sohaibani S. Biosynthèse de nanoparticules d'argent à partir d'extrait d'*Acacia leucophloea* et leur activité antibactérienne. Revue internationale de nanomédecine. 2014 ; 6(9) : 24-31

[111] Khalil MM, Ismail EH, El-Baghdady KZ, Mohamed D. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir de feuilles d'olivier

extrait et son activité antibactérienne. Journal arabe de chimie. 2014;7(6): 1131-1139

[112] Kaman P, Dutta P, Bhattacharyya A. Synthèse de nanoparticules d'or issues de *Metarhizium Anisopliae* pour la lutte contre la pyriculariose du riz et son effet sur l'indice biologique et les propriétés physicochimiques du sol. 2022. DOI : 10.21203/rs.3.rs-2080559/v1

[113] Ahmad A, Siddique JA, Laskar MA, Kumar R, Mohd-Setapar SH, Khatoon A, et al. Résine Amberlite XAD de nouvelle génération pour l'élimination des ions métalliques : une revue. Journal of Environmental Sciences. 2015 ; 31 : 104-123

[114] Huang W, Wang C, Duan H, Bi Y, Wu D, Du J, et al. Effet antifongique synergique des nanoparticules d'argent biosynthétisées combinées à des fongicides. Journal international d'agriculture et de biologie. 2018;20(5):1225-1229

[115] Akintelu SA, Olugbeko SC, Folorunso AS. Synthèse verte, caractérisation et activité antifongique de nanoparticules d'argent synthétisées (AgNPS) à partir d'extrait de pulpe de *Garcinia Kola*. BioNanoScience. 2022;12(1): 105-115

[116] Rizwana H, Alzahrani T, Alwahibi MS, Aljowaie RM, Aldehaish HA, . nanoparticules d'argent Phytofabrication de et leur puissante activité antifongique contre les champignons phytopathogènes. PRO. 2022;10 (12):25-58

[117] Oliveira SS, Braga GC, Cordeiro NK, Stangarlin JR, Alves HJ. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait d'*Euphorbia tirucalli* et protection contre la dégradation microbienne des fraises pendant le stockage. Journal of Food Science and Technology. 2022 ; 59(5) : 2025-2034

Tendance croissante des nanoparticules d'argent comme agent antibactérien et anticancéreux DOI : <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110653>

[118] Purohit A, SR harma, RS hiv
Ramakrishnan, S Sharma, A Kumar, et al.

Synthèse biogénique de nanoparticules d'argent (AgNP) à l'aide d'un extrait aqueux de feuilles de *Buchanania lanzan* Spreng et évaluation de leur activité antifongique contre les champignons phytopathogènes. Chimie bio-inorganique et applications. 2022;6(44):5-8

[119] Vinodhini S, Vithiya BSM, Prasad TAA. Synthèse écologique de nanoparticules d'argent à partir d'extraits de feuilles d'*Allium fistulosum*, de *Tabernaemontana divaricate* et de *Basella alba* pour des applications antimicrobiennes. Journal of King Saud University-Science. 2022 ; 34(4) : 101939

[120] Malik MA, Batterjee MG, Kamli MR, Alzahrani KA, Danish EY, Nabi A. Synthèse biogénique de nanoparticules d'argent métallique noble recouvertes de polyphénols pour une activité antifongique contre *Candida auris*. Journal of Fungi. 2022;8(6):639

[121] Dutta T, Chowdhury SK, Ghosh NN, Chattopadhyay AP, Das M, Mandal V. Synthèse verte de nanoparticules d'argent antimicrobiennes à partir d'extrait de fruit de *Glycosmis pentaphylla* et explications théoriques. Journal of Molecular Structure. 2022;1247: 131-361

[122] Ghetas HA, Abdel-Razek N, Shakweer MS, Abotaleb MM, Paray BA, Ali S, et al. Activité antimicrobienne de nanoparticules d'argent synthétisées chimiquement et biologiquement contre certains agents pathogènes des poissons. Saudi Journal of Biological Sciences. 2022;29(3): 1298-1305

[123] Mishra S, Kumavat S. Synthèse verte, caractérisation et activité antimicrobienne de nanoparticules d'argent à partir de feuilles d'*Uraria picta*

extrait. Micro et Nanosystèmes. 2022 ; 14(3) : 212-225

[124] Nallappan D et al. Biosynthèse verte, activités antioxydantes, antibactériennes et anticancéreuses des nanoparticules d'argent d'extrait de feuille de *Luffa acutangula*. BioMed Research International. 2021

[125] Attallah NG, Elekhawy E, Negm WA, Hussein IA, Mokhtar FA, Al-Fakhrany OM. Activité antimicrobienne in vivo et in vitro des nanoparticules d'argent biogènes contre les isolats cliniques de *Staphylococcus aureus*. Médicaments. 2022;15(2):194

[126] Khan M, Karuppiyah P, Alkathlan HZ, Kuniyil M, Khan M, Adil SF, et al. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait de *Juniperus procera* : caractérisation et activité biologique. Cristaux. 2022 ; 12(3) : 420

[127] Win TT, Khan S, Bo B, Zada S, Fu P. Synthèse et caractérisation écologiques de nanoparticules de Fe_3O_4 à partir d'extrait de *Chlorella K01* pour une amélioration potentielle de l'activité stimulante de la croissance végétale et antifongique. Rapports scientifiques. 2021 ; 11(1) : 1-11

[128] Thanighaiarassu RR, Nambikkairaj B, Ramya DR. « Synthèse verte de nanoparticules d'argent et caractérisation à l'aide du citral, un composé d'huile essentielle de feuille de plante, et de son activité antifongique contre les champignons pathogènes humains ». Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018;7(6):902-907

[129] Sanguineto P, Estevez MB, Faccio R, Alborés S. Nanoparticules d'argent biogéniques du champignon *Punctularia atropurpurascens* pour le contrôle des micro-organismes. Monde nano. Revista interdisciplinaria en

Auto-assemblage des matériaux et leurs applications

nanosciences et nanotechnologies. 2019 ; 12(22):10-20

[130] Elbahnasawy MA, Shehabeldine AM, Khattab AM, Amin BH, Hashem AH. Biosynthèse verte de

nanoparticules d'argent à partir d'une nouvelle souche endophyte de *Rothia endophytica* : caractérisation et activité anticandidale. *Journal of Drug*

Delivery Science and Technology. 2021;62:102-401

[131] Azarbani F, Shiravand S. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extraits de fleurs de *Ferulago macrocarpa* et leurs effets antibactériens, antifongiques et toxiques. *Green Chemistry Letters and Reviews*. 2020;13(1):41-49

[132] Abdallah BM, Ali EM. Synthèse verte de nanoparticules d'argent à partir d'extrait aqueux de feuilles de lotus *lalambensis* et leur activité anti-candidose contre la candidose buccale. *ACS Omega*. 2021;6(12):8151-8162

[133] Mortezaigholi B, Movahed E, Fathi A, Soleimani M, Forutan A, Mirhosseini NZ, et al. Synthèse végétale de nanoparticules d'oxyde de zinc dopées à l'argent et évaluation de leur activité antimicrobienne contre les bactéries responsables de la carie dentaire. *Microscopy Research and Technique*. 2022;85(11):3553-3564

[134] Lee WF, Huang YC. Gonflement et propriétés antibactériennes des hydrogels superabsorbants contenant des nanoparticules d'argent. *Journal of Applied Polymer Science*. 2007;106(3):1992-1999

[135] Wild C, Weiderpass E, Stewart BW. Rapport mondial sur le cancer : Recherche sur le cancer pour la prévention. Centre international de recherche sur le cancer. Presses du CIRC ; 2020

[136] Dziedzic A, Kubina R, Bułdak RJ, Skonieczna M, Cholewa K. Silver

les nanoparticules présentent un effet antiprolifératif dose-dépendant contre les cellules du carcinome épidermoïde humain atténué en présence de berbérine. *Molécules*. 2016;21(3):365

[137] Ahn EY, Jin H, Park Y. Évaluation des propriétés antioxydantes, cytotoxiques, apoptotiques et cicatrisantes des nanoparticules d'argent synthétisées en vert par des extraits végétaux. *Science et ingénierie des matériaux : C*. 2019 ; 101 : 204-216

[138] Gomathi A, Rajarathinam SX, Sadiq AM, Rajeshkumar S. Activité anticancéreuse de nanoparticules d'argent synthétisées à partir d'extrait aqueux de coque de *Tamarindus indica* sur la lignée cellulaire de cancer du sein humain MCF-7. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2020;55:101376

[139] He Y, Li X, Zheng Y, Wang Z, Ma Z, Yang Q, et al. Une approche écologique pour la synthèse de nanoparticules d'argent et leurs activités antibactériennes et cytotoxiques. *New Journal of Chemistry*. 2018;42(4):2882-2888