

Utilisation de la nanotechnologie Dans le développement d'engrais organiques et de pesticides

Arno Bastenx

Université de Bordeaux

Courriel : arno4@gmail.com

Résumé

On ne peut nier que le développement de la technologie et son utilisation sont étroitement liés à l'augmentation de la compétitivité de l'industrie d'un pays. Une connaissance et une maîtrise accrues des nouvelles technologies sont nécessaires pour gagner la concurrence à l'ère du commerce mondial de la part des gouvernements et de l'industrie. Un exemple de technologie qui fait l'objet de vives discussions est la nanotechnologie. L'utilisation des nanotechnologies est bien connue, y compris dans les domaines de la santé, de la cosmétique et de l'agriculture. Fondamentalement, le principe de la découverte des nanotechnologies est de maximiser le rendement ou la production des cultures en minimisant l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'autres besoins en surveillant les conditions du sol telles que les racines et en les appliquant directement sur la cible afin que rien ne soit gaspillé. Pour les pesticides, s'ils sont appliqués, il sera en mesure de minimiser l'utilisation de pesticides sur les plantes car seuls les insectes cibles sont touchés. L'utilisation de la nanotechnologie dans les engrais permettra de contrôler la libération des nutriments contenus dans l'engrais. Ensuite, seuls les nutriments qui seront réellement absorbés par les plantes sont libérés, de sorte qu'il n'y a pas de perte de nutriments, il y a des cibles indésirables telles que le sol, l'eau et les micro-organismes. Dans les nano-engrais, les nutriments peuvent se présenter sous forme d'encapsulation de nanomatériaux, recouverts d'une fine couche protectrice ou libérés sous forme d'émulsion à partir de nanoparticules.

Mots clés : nanotechnologies, engrais, pesticides



A. INTRODUCTION

Le développement de la technologie et son utilisation sont indéniablement étroitement liés en augmentant la compétitivité de l'industrie d'un pays. Une connaissance et une maîtrise accrues des nouvelles technologies sont nécessaires pour gagner la concurrence à l'ère du commerce mondial de la part des gouvernements et de l'industrie. Un exemple de technologie en discussion est la nanotechnologie. Utilisation des nanotechnologies déjà connues également dans les domaines de la santé, de la cosmétique et de l'agriculture.

Basé sur l'origine du mot, "nano" lui-même vient du latin signifiant quelque chose de très petit (nano) ou un pour un milliard (10⁻⁹). La nanotechnologie est définie comme une science qui traite des objets de 1 à 100 nm, a des propriétés différentes du matériau

d'origine et a la capacité de contrôler ou de manipuler à l'échelle atomique (Kuzma et Verhage, 2006).

Contractualiser le développement des nanotechnologies contribue beaucoup au développement de nouveaux matériaux plus petits et plus détaillés. Dans le domaine de la santé, cette technologie vise à développer un virus qui fonctionne comme une nanocaméra pour voir et étudier la séquence de la vie cellulaire et le mécanisme d'action du virus lui-même. De plus, une société de biotechnologie travaille au développement de Fullerènes ou Buckyball, une structure moléculaire à 60 atomes de carbone qui devrait tuer le VIH et le cancer à l'avenir.

Application de la nanotechnologie à l'agriculture, y compris le génie génétique pour obtenir des semences de qualité supérieure. Des scientifiques du monde entier ont mené des recherches pour améliorer certaines des propriétés des plantes, par exemple pour produire des plantes exemptes de virus. Au cours de la dernière décennie, l'application de la nanotechnologie dans l'agriculture a mûri avec la découverte des propriétés uniques des particules de différentes tailles nanométriques, voire de dizaines de nanomètres. Les nanoparticules et les nanoémulsions peuvent être appliquées aux pesticides, aux engrais, aux capteurs pour surveiller le sol, les aliments pour animaux, la médecine animale, les aliments, les plantes médicinales et les emballages composites antibactériens et gazeux. La nanotechnologie est également largement utilisée de diverses manières, par exemple en augmentant l'utilisation efficace des engrais et des ingrédients naturels dans le sol, en étudiant le mécanisme et la dynamique des nutriments dans le sol.

B. MÉTHODE

Cette méthode de recherche utilise la méthode d'analyse qualitative, dans laquelle le processus de recherche qualitative par des chercheurs menés à travers la littérature d'étude et la recherche pertinente au sujet. Le caractère de la recherche qualitative est un récit holistique, dans lequel le chercheur tente de mener une étude approfondie du problème de recherche afin que l'étude soit réalisée sous de nombreux aspects. De cette manière, la recherche devrait être en mesure de visualiser le problème de manière claire et complète.

C. RÉSULTAT ET DISCUSSION

Avantages des nanotechnologies dans l'agriculture

Fondamentalement, le principe de la découverte des nanotechnologies est de maximiser le rendement ou la production des cultures en minimisant l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'autres besoins en surveillant les conditions du sol telles que les racines et en les appliquant directement sur la cible afin que rien ne soit gaspillé. Pour

les pesticides, s'ils sont appliqués, il sera en mesure de minimiser l'utilisation de pesticides sur les plantes car seuls les insectes cibles sont touchés.

L'utilisation de la nanotechnologie dans les engrais permettra de contrôler la libération des nutriments contenus dans l'engrais. Ensuite, seuls les nutriments qui seront réellement absorbés par les plantes sont libérés, de sorte qu'il n'y a pas de perte de nutriments, il y a des cibles indésirables telles que le sol, l'eau et les micro-organismes. Dans les nano-engrais, les nutriments peuvent être sous forme d'encapsulation de nanomatériaux, recouverts d'une fine couche protectrice ou libérés sous forme d'émulsion à partir de nanoparticules.

Des exemples d'applications de la nanotechnologie dans l'agriculture dans le but d'augmenter la productivité agricole sont rapportés entre autres nanoporeux, nanonutriments, libération lente, nanoencapsulation, nanocapteurs pour les engrais, l'eau, les herbicides, la stabilité des sols, etc. L'utilisation de la nanotechnologie dans les pesticides est réalisée par le Dr Micaela Buteler qui travaille avec le professeur Weaver de l'Université d'État du Montana. Les deux chercheurs ont testé l'utilisation de la NSA (alumine nanostructurée) sur deux types d'insectes intrus que l'on trouve couramment dans le processus de broyage, de traitement et de stockage du grain sec. La recherche montre que la NSA peut fournir des alternatives insecticides peu coûteuses et abordables.

Le développement de la nanotechnologie dans les pesticides chimiques et organiques pourra contribuer à améliorer l'efficacité de l'utilisation des pesticides et des insecticides. De plus, l'utilisation de pesticides directement sur la cible minimisera le développement de mécanismes de résistance chez les ravageurs et réduira la mortalité des insectes non ciblés. Cela aura certainement un impact positif sur la production agricole, car il existe de nombreux cas antérieurs où certains ravageurs ont explosé en raison de l'utilisation inappropriée de pesticides.

La nanotechnologie dans les pesticides organiques peut être réalisée en développant des matériaux toxiques contenus dans des plantes ou des matériaux organiques de la taille de nanoparticules afin qu'il soit plus facile d'atteindre l'objectif et que la quantité de pesticides nécessaire soit encore plus petite. Mais comme d'autres technologies, l'utilisation des nanotechnologies dans les pesticides a deux visages différents. Certains experts pensent que les pesticides nanométriques peuvent être dangereux pour l'homme car ils peuvent infecter la peau ou être inhalés et pénétrer dans les poumons, puis atteindre le cerveau. La question de savoir si cette technologie peut être utilisée et développée ou plutôt ne pas l'utiliser du tout reste à débattre.

Le développement de pesticides organiques s'accroît rapidement, parallèlement à la compréhension croissante du public des dangers des produits chimiques synthétiques dans les pesticides utilisés aujourd'hui. La nanotechnologie devrait pouvoir résoudre ce problème. L'efficacité des pesticides, qui peut être augmentée plusieurs fois en les transformant en nanoparticules, peut être utilisée comme base pour l'application de

pesticides organiques à base de plantes tels que le romarin, les clous de girofle, la lavande, le basilic et certaines autres huiles essentielles qui ont le potentiel de devenir pesticides d'origine végétale. Avec l'approche nanotechnologique, les substances actives des ingrédients naturels peuvent être une arme puissante dans la lutte contre les ravageurs des plantes et peuvent remplacer les pesticides chimiques.

Les pesticides organiques à base d'extraits de différentes plantes, comme mentionné ci-dessus, sont très potentiels en tant qu'ingrédients naturels pour la production de pesticides à appliquer en agriculture pour lutter contre les ravageurs des plantes. Une étude présentée par des scientifiques lors de la 238^e réunion nationale de l'American Chemical Society au Canada indique que certaines des substances naturelles de certaines plantes sont appelées « pesticides d'huiles essentielles » ou « épices tueuses » sont des pesticides naturels potentiellement respectueux de l'environnement et relativement moins risqués pour santé humaine et animale. C'est juste que ce pesticide organique n'est pas durable car il est volatil et facilement dégradé par la lumière du soleil. Le rôle des nanotechnologies dans le développement des pesticides organiques devrait être une réponse sur la façon de rendre ce pesticide organique capable de rivaliser avec les pesticides qui circulent depuis longtemps dans la communauté tant pour leurs propriétés toxiques que pour leur capacité à survivre dans la nature avec une lenteur libération de la technologie.

Nanotechnologies et environnement

La nanotechnologie peut être utilisée pour dégrader les résidus de pesticides dans l'eau, l'air et le sol grâce au mécanisme des photocatalyseurs à oxyde métallique utilisant des matériaux d'oxyde semi-conducteurs tels que l'oxyde de titane (TiO₂) et l'oxyde de zinc (ZnO). Ce matériau peut absorber des photons et initier le processus d'oxydo-réduction (redox) afin de décomposer des molécules organiques complexes en molécules plus simples. Grâce au processus de photocatalyse, les résidus de pesticides peuvent être convertis en minéraux utiles qui ne nuisent pas à l'environnement.

La photocatalyse est définie comme une combinaison de processus photochimiques et de catalyseurs, un processus de transformation chimique qui implique la lumière comme catalyseur qui accélérera la transformation. Le processus qui se produit est que le TiO₂, irradié par la lumière ultraviolette, produit des électrons e⁻ et H⁺. La recombinaison des deux sur la surface sera réduite par des poisons ou des contaminants ou des micro-organismes. e⁻ va interagir avec O₂ pour produire O₂⁻ (réduction) et H⁺ va interagir avec H₂O pour produire OH⁻ et H₂O (oxydation).

Il a été démontré que le pouvoir oxydant détruit les polluants et les micro-organismes nuisibles. La même méthode devrait pouvoir dégrader les polluants des résidus de pesticides dans l'environnement. La disponibilité limitée de l'ultraviolet dans la nature est l'un des facteurs qui inhibe l'application de cette technologie. L'effort développé en alternative est d'ajouter du dopant, qui est un semi-conducteur qui a une

bande interdite relativement plus grande, par exemple en ajoutant du manganèse, du plomb, du soufre et de l'azote. Ce semi-conducteur pourra transférer des électrons vers le système photocatalyseur. De cette façon, le matériau aura la capacité d'absorber la lumière visible qui sera plus grande, de sorte qu'il ne dépendra pas trop de la lumière ultraviolette.

Caractéristiques de la nanotechnologie

La particularité des propriétés des nanomatériaux est qu'ils sont capables de pénétrer plus rapidement et que leurs propriétés peuvent être très différentes des propriétés qu'ils possèdent lorsque la substance est encore de plus grande taille. Par exemple, l'aurum (or) sera très toxique à l'échelle nanométrique, le cuivre (Cu) a des propriétés plus dures et le ferromagnétique sera superparamagnétique à une taille de 20 nm. Cette méthode peut être adaptée pour des produits chimiques à partir de matières organiques telles que la pyrèthrine qui est produite à partir de pyrethrum et synthétisée pour être utilisée comme insecticide. On s'attend à ce que la pyrèthrine de taille nanométrique soit plus toxique et pénètre de manière plus optimale les insectes cibles, bien que les effets secondaires sur les humains et l'environnement tels que la possibilité d'inhalation humaine et dans la mesure du temps puissent être dégradés dans la nature.

Selon les résultats de la recherche, le matériau de taille nanométrique possède un certain nombre de propriétés chimiques et physiques supérieures aux grands matériaux tels que les micro. Ces propriétés peuvent être modifiées en contrôlant la taille du matériau, en définissant la composition chimique, en modifiant la surface et en contrôlant l'interaction entre les particules. La richesse des ressources naturelles de l'Équateur recèle un potentiel énorme pour le développement des nanotechnologies. La diversité des ressources biologiques naturelles de l'Équateur, la nature tropicale et les volcans dispersés sur tout le territoire de l'Équateur est un fournisseur de minéraux pour la fertilité du climat et du sol idéal pour la culture de diverses plantes ainsi que des cultures vivrières, des bois durs et des médicaments. Grâce à l'ingénierie des nanotechnologies, des ingrédients médicinaux naturels (herbes) peuvent être utilisés comme médicaments (biopharmacie). De même, le matériel végétal qui a le potentiel de lutter contre les ravageurs peut être utilisé comme pesticide organique efficace, efficient et respectueux de l'environnement grâce à la nanotechnologie.

Les pesticides végétaux qui ont été produits sous forme de nanoparticules comprennent le pesticide végétal neem (*Azadirachta indica*) (Forim, 2011). Les nombreuses utilisations des pesticides à base de neem sont indissociables de l'efficacité de ces pesticides sur différents types de parasites des plantes (Kardinan, 1999). Forim a réalisé des nanocapsules (figure 1) avec des diamètres moyens compris entre 150 et 250 nm.

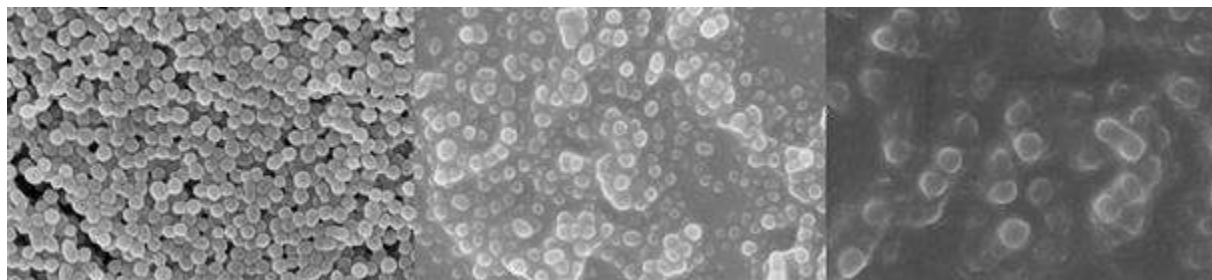


Figure 1. Nanocapsules contenant de l'extrait de neem à différents grossissements par MEB.

Les capsules qui ont été remplies ont en moyenne une taille plus grande que les capsules qui n'ont pas été remplies, comme le montrent les recherches de Kalyanasundaram (figures 2a et b), Kalyanasundaram utilise une émulsion de PVP (polyvinylpyrrolidone) comme matériau de fabrication des nanocapsules. On peut voir sur l'image que les capsules qui ont été remplies de larvicides sont plus grandes que les capsules vides (Kalyanasundaram, 2013).

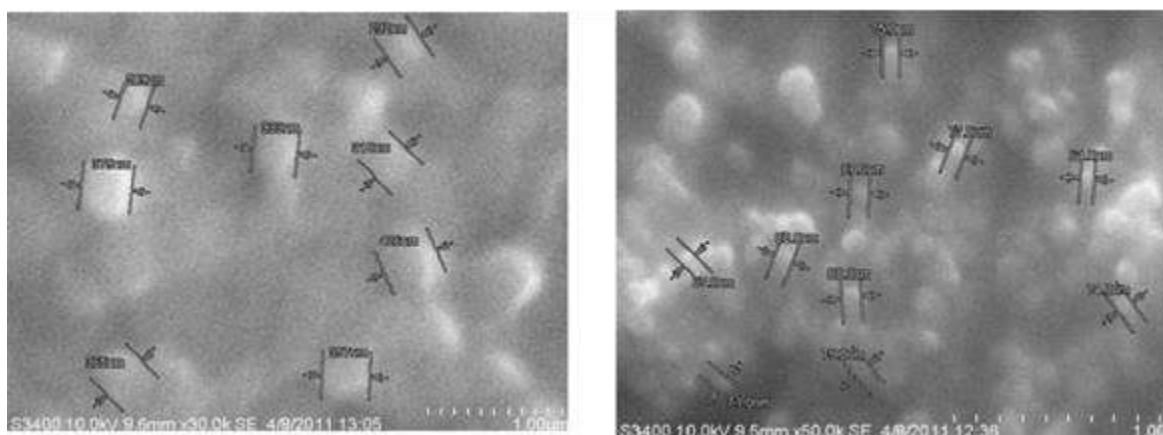


Figure 2. Nanocapsules de PVP sans larvicides et contenant du temefos

Quelques méthodes de production de nanoparticules

1. Méthode de coprécipitation

Il s'agit d'une méthode synthétique de composés organiques basée sur le dépôt de plusieurs substances ensemble lorsqu'elle passe par un point de saturation. Le processus utilise des températures basses et il est facile de contrôler la taille des particules, de sorte que le temps requis est relativement court. Habituellement, l'agent précipitant utilisé est l'hydroxyde, le carbonate, le sulfate et l'oxalate. L'utilisation de cette méthode devrait produire des particules plus petites et plus homogènes que la méthode du gel solide et plus grosses que la méthode sol-gel. Il existe deux types importants de coprécipitation qui sont liés à l'adsorption à la surface des particules exposées à la solution et le second est celui associé à l'occlusion de substances étrangères lors du processus de croissance cristalline des particules primaires.

2. La méthode sol-gel

C'est le processus de formation de composés inorganiques par des réactions chimiques en solution à basse température, où il y a un changement de phase de la suspension colloïdale (sol) pour former une phase liquide continue (gel). L'avantage de cette méthode est un bon niveau de stabilité thermique, une stabilité mécanique élevée, une bonne résistance aux solvants et la modification de la surface peut être effectuée avec diverses possibilités. Les précurseurs couramment utilisés sont des métaux organiques ou des métaux inorganiques qui sont entourés de ligands réactifs tels que les alkosides qui sont principalement utilisés car ils réagissent facilement avec l'eau.

Les phases du procédé sol-gel :

a. Hydrolyse : dans cette phase, les précurseurs sont dissous dans de l'alcool et hydrolysés avec addition d'eau dans des conditions acides, neutres ou basiques et produisent un sol colloïdal. Ce procédé est influencé par le rapport eau/précurseur et le type de catalyseur utilisé.

b. Condensation : la transition du sol au gel implique un ligand hydroxyle pour produire un polymère avec une liaison MOM

c. Maturation : réaction à la formation du tissu gélifiant qui est plus fort, plus rigide et se rétracte en solution

ré. Séchage : processus d'évaporation des liquides et liquides indésirables pour obtenir une structure sol-gel à haute surface. Par rapport aux méthodes conventionnelles, cette méthode présente plusieurs avantages, à savoir : une meilleure homogénéité, une plus grande pureté, des températures de procédé relativement basses, aucune réaction avec les composés résiduels, les pertes de solvant peuvent être réduites et la pollution de l'air peut être réduite. Les inconvénients sont le prix des matières premières chères, il y a un retrait notable des matériaux lors du séchage, l'utilisation de composés organiques qui peuvent mettre en danger la santé et produire des résidus d'hydroxyle et de carbone ainsi que des processus qui prennent beaucoup de temps.

Pour que les résultats obtenus soient conformes au souhait, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, à savoir:

1. Composés : Les précurseurs doivent être solubles dans le milieu réactionnel et doivent être suffisamment réactifs en formation de gel
2. Catalyseurs : Des catalyseurs acides ou basiques sont généralement utilisés, bien que certains n'utilisent pas de catalyseurs
3. Solvants : le plus utilisé est l'alcool car il a une pression de vapeur plus élevée à température ambiante

4. Température : les températures supérieures à la température ambiante produiront des taux d'hydrolyse plus rapides et les gels se formeront plus rapidement

3. Méthode de microémulsion

Au début de 1943, Hoar et Schulman ont rapporté qu'une combinaison d'eau, d'huile, de tensioactifs et d'alcools ou d'amines qui étaient des co-tensioactifs produisait une solution claire et homogène appelée microémulsion. De manière générale, les microémulsions peuvent être distinguées des microémulsions directes (huile dans l'eau) et des microémulsions inverses (eau dans l'huile).

4. Méthode hydrothermale / solvothermique

Le chimiste allemand Robert Wilhelm Busen (1839) a utilisé une solution aqueuse comme milieu et l'a placée dans un tube à essai à une température supérieure à 2000 °C et une pression supérieure à 100 bar. Le procédé solvothermique implique l'utilisation d'un solvant au-dessus de sa température et de sa pression d'ébullition de sorte qu'il en résulte une augmentation de la solubilité des solides et de la vitesse de réaction entre les solides. Ce processus doit avoir lieu dans un état fermé pour éviter la perte de solvants lors de l'évaporation. Le post hydrothermal est un traitement de matière après avoir subi un procédé sol-gel dans le but d'augmenter la cristallisation des particules. Cette méthode utilise des solvants supercritiques avec plusieurs considérations, à savoir :

1. Il a une faible tension superficielle de sorte que sa capacité à se dissoudre est élevée
2. Faible viscosité
3. Diffusivité élevée afin d'avoir un effet sur l'augmentation de la solubilité.

5. Méthode de synthèse basée sur un modèle

Le moule utilisé est appelé nanoréacteur. La taille des pores lisse et uniforme aide à la formation de nanoparticules en fonction de leur taille et contrôle la taille de la distribution sur le produit final. Il existe deux types de méthodes utilisées pour insérer des nanoparticules semi-conductrices dans les pores du matériau mésoporeux, à savoir :

1. Procédé in situ/post-traitement qui mélange des précurseurs de nanoparticules avec des micelles avant la formation de matériau mésoporeux.
2. Greffer/fixer les nanoparticules directement à la surface des pores .

6. Nanoparticules semi-conductrices organiques

C'est un semi-conducteur qui utilise une matière organique comme matière active. Les semi-conducteurs organiques sont plus faciles à synthétiser et les mécaniques plus souples. Le mécanisme principal de ce semi-conducteur implique la conduction à travers des électrons pi ou des électrons non appariés. La méthode utilisée pour produire des nanoparticules organiques est une méthode de

précipitation avec un mécanisme de solution de soluté à partir du matériau de départ dans l'eau est infusé dans l'eau de sorte que la solubilité de la substance change soudainement et provoque la formation de nanocristaux de soluté.

D. CONCLUSION

L'utilisation des nanotechnologies est bien connue, y compris dans les domaines de la santé, de la cosmétique et de l'agriculture. Fondamentalement, le principe de la découverte des nanotechnologies est de maximiser le rendement ou la production des cultures en minimisant l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'autres besoins en surveillant les conditions du sol telles que les racines et en les appliquant directement sur la cible afin que rien ne soit gaspillé.

La nanotechnologie peut être utilisée pour dégrader les résidus de pesticides dans l'eau, l'air et le sol grâce au mécanisme des photocatalyseurs à oxyde métallique utilisant des matériaux d'oxyde semi-conducteurs tels que l'oxyde de titane (TiO₂) et l'oxyde de zinc (ZnO). Grâce au procédé photocatalyseur, transformer les résidus de pesticides en matériaux qui ne mettent pas en danger l'environnement.

La particularité des propriétés des nanomatériaux est qu'ils sont capables de pénétrer plus rapidement et que leurs propriétés peuvent être très différentes des propriétés qu'ils possèdent lorsque la substance est encore de plus grande taille. Par exemple, l'aurum (or) sera très toxique à l'échelle nanométrique, le cuivre (Cu) a des propriétés plus dures et le ferromagnétique sera superparamagnétique à une taille de 20 nm.

RÉFÉRENCES

1. Anonymat. 2014. *Recherche potentielle de la nanochimie des matériaux naturels*. <http://nanotech-indonesia.blogspot.com/2012/08/potensi-riset-nano-kimia-bahan-alam-di.html>.
2. *Candidature anticipée*. Centre international Woodrow Wilson pour chercheurs.
3. Becker, MF, Keto, JW et Kovar, D. (2009). *Brevet américain n° 7,527,824*. Washington, DC : Office américain des brevets et des marques.
4. de Oliveira, JL, Campos, EVR, Bakshi, M., Abhilash, PC et Fraceto, LF (2014). Application des nanotechnologies à l'encapsulation d'insecticides botaniques pour une agriculture durable : perspectives et promesses. *Progrès de la biotechnologie*, 32 (8), 1550-1561.
5. Duhan, JS, Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K. et Duhan, S. (2017). Nanotechnologie : La nouvelle perspective de l'agriculture de précision. *Rapports sur la biotechnologie*, 15, 11-23.
6. Fernandez, BR 2011. *Sintesis Nanopartikel*. Makalah. Pasca sarjana Universitas Andalas. Padang.

7. Forim MR, da Silva MFGF, Fernandes JB 2011. Métabolisme secondaire comme mesure de l'efficacité des extraits botaniques : L'utilisation d'*Azadirachta indica* (Neem) comme modèle. Dans : Perveen F. (éd.) *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*. Rijeka : In-Tech. p367-390.
8. Fraceto, LF, Grillo, R., de Medeiros, GA, Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). La nanotechnologie dans l'agriculture : quel potentiel d'innovation a-t-elle ? *Frontières des sciences de l'environnement* , 4 , 20.
9. Iavicoli, V. Leso, DH Beezhhold et AA Shvedova (2017). Nanotechnologie dans l'agriculture : Opportunités, implications toxicologiques et risques professionnels. *Toxicologie et pharmacologie appliquée* , 329 , 96-111.
10. Jones, Angèle. Jeane Nye et Andrew Greenberg. *Nanotechnologie dans l'agriculture et l'alimentation*
11. Kardinan, A. 1999. Mimba (*Azadirachta indica*) pestisida nabati yang sangat menjanjikan.
12. M. Kalyanasundaram, et K. Gunasekaran. 2013. Synthèse, caractérisation et évaluation de nanoparticules de larvicides de santé publique pour la démoustication. *Journal des maladies à transmission vectorielle* (50): 225-228.
13. Macosko, C., Hoye, T., Anacker, J., & Prud'homme, R. (2007). *Demande de brevet US n° 11/486,620* .
14. Mousavi, SR, & Rezaei, M. (2011). Nanotechnologie dans l'agriculture et la production alimentaire. *J Appl Environ Biol Sei* , 1 (10), 414-419.
15. Kuzma, J. et Peter Verhage. 2006. *Nanotechnologie dans l'agriculture et la production alimentaire*.
16. Technologie . <http://www.ice.chem.wisc.edu>. Consulté le 3 mars 2014.