

# Sommaire

## L'avenir des nanotechnologies

Auteur : Nikolina Latković

Date de la dernière modification : 10.01.2022

### L'avenir des nanotechnologies

#### Introduction

Les nanotechnologies représentent un domaine très innovant. Et leur avenir offre d'énormes possibilités. Mais l'avenir apporte aussi des défis. Et la nano peut justement nous aider à résoudre les problèmes futurs. Nous examinerons les possibilités d'application des nanotechnologies dans l'agriculture, l'alimentation et la médecine, ainsi que l'apparence de nos villes grâce aux nanotechnologies.

#### Signification pratique - vous appliquez ici vos connaissances et savoir-faire

Dans cette unité, vous apprendrez quelles améliorations les nanotechnologies du secteur alimentaire et agricole apporteront aussi à la médecine. Enfin, vous découvrirez comment les nanotechnologies transformeront les villes de demain.

#### Aperçu des objectifs d'apprentissage et des compétences

Dans la partie *L'avenir de l'agriculture et de l'alimentation*, vous apprendrez comment les nanotechnologies transforment l'industrie alimentaire, vous découvrirez leur rôle de plus en plus important dans l'agriculture et verrez comment elles contribuent à améliorer l'agriculture de l'avenir.

La partie *L'avenir de la nanomédecine* vous présentera comment les nanotechnologies permettront une meilleure surveillance de notre santé en miniaturisant les technologies et les dispositifs médicaux, aideront à lutter contre le cancer et apporteront des innovations étonnantes.

Dans la partie *L'avenir de nos villes*, vous apprendrez comment les nanotechnologies alimenteront en énergie les villes du futur et comment elles transformeront l'infrastructure de nos villes. Enfin, vous découvrirez comment les nanotechnologies permettront la production de capteurs et d'ordinateurs à des fins de surveillance et de traitement des données tout en assurant la sécurité dans les villes du futur.

Objectifs pédagogiques	Objectifs partiels
LG_BB_01 L'avenir de l'agriculture et de l'alimentation	FO_ The future of nano 01_01 L'avenir de l'industrie alimentaire FO_ The future of nano 01_02 Les nanotechnologies dans l'agriculture

	FO_ The future of nano 01_03 L'avenir de notre agriculture
LG_BB_02 L'avenir de la nanomédecine	FO_ The future of nano 02_01 Miniaturisation des technologies et dispositifs médicaux FO_ The future of nano 02_02 La nanomédecine contre le cancer FO_ The future of nano _02_03 Innovations étonnantes
LG_BB_03 L'avenir de nos villes	FO_ The future of nano 03_01 L'approvisionnement énergétique des villes du futur FO_ The future of nano 03_02 L'avenir venir des infrastructures de nos villes FO_ The future of nano _03_03 Sécurité des villes du futur

## 1. L'avenir de l'agriculture et de l'alimentation

La Commission européenne compte sur les nanotechnologies en tant que technologie dotée d'un énorme potentiel dans le domaine de la résolution des problèmes sociaux de l'avenir, tels que l'approvisionnement énergétique et les soins de santé (Commission européenne, 2021).

Cependant, l'importance des nanotechnologies augmente également progressivement dans l'industrie alimentaire. L'innovation alimentaire est considérée comme l'un des domaines de ce secteur, dans lequel les nanotechnologies joueront un rôle important dans l'avenir. Les innovations nanotechnologiques actuelles et futures apportent des propriétés extrêmement intéressantes dans divers domaines de l'industrie alimentaire à travers le monde entier (Thiruvengadam *et al.*, 2018). Il s'agit notamment :

- des techniques agricoles de précision
- de l'alimentation « intelligente »
- de l'amélioration de la texture et de la qualité des aliments
- de la disponibilité en qualité biologique/valeur nutritionnelle
- de l'emballage
- de l'étiquetage
- de la production végétale
- de l'utilisation de produits agrochimiques, par exemple des nanopesticides
- des nano-engrais
- des nano-herbicides

Les emballages d'aliments fabriqués à partir de nanomatériaux peuvent prolonger la durée de conservation des aliments, accroître leur sécurité, informer les clients que les aliments sont gâtés ou non comestibles, réparer les fissures dans un emballage et libérer uniformément des substances ajoutées pour prolonger ainsi la durée de conservation des aliments stockés dans un emballage (Thiruvengadam *et al.*, 2018).

### Se rappeler

#### Nanotechnologies et innovation alimentaire

L'innovation alimentaire est considérée comme l'un des domaines de ce secteur, dans lequel les nanotechnologies joueront un rôle important dans l'avenir.

Afin de maintenir le leadership dans l'industrie alimentaire et de la transformation, l'utilisation des nanotechnologies sera une nécessité dans l'avenir. La première étape consistera à améliorer la sécurité et la

qualité des aliments. Les composites nanotechnologiques modifiés pourraient avoir de grands avantages pour les ingrédients et les emballages alimentaires – avec des surfaces antimicrobiennes et des capteurs qui changeront de couleur à mesure que les propriétés originales de l'aliment commenceront à changer (Thiruvengadam *et al.*, 2018).

Quelqu'un pourrait s'inquiéter des nanocomposites dans les aliments, mais ils apparaissent déjà naturellement par exemple dans le lait, où ils assurent la stabilité de ses graisses. Les nanotechnologies ont également déjà trouvé une large application dans le secteur de l'emballage alimentaire, où elles contribuent à assurer la qualité et la sécurité. Les capteurs nanotechnologiques peuvent détecter et mesurer la présence d'oxygène ou de bactéries, comme la listeria (MacDonald, 2017).

« Les nanotechnologies permettent de changer les systèmes alimentaires et de transformation existants pour assurer la sécurité des produits, créer une culture alimentaire saine et améliorer la qualité nutritionnelle des aliments. » (Thiruvengadam *et al.*, 2018).



En agriculture, les nanoparticules sont déjà utilisées sur le terrain (non, ce n'est pas un jeu de mots) pour augmenter les rendements. Par exemple, les nanoparticules de polymère sont utilisées pour la libération lente et contrôlée de produits agrochimiques. Les avantages des nanoparticules polymères comprennent une excellente biocompatibilité et un impact minimal sur les organismes non ciblés (Bose, 2021).

Les nanoparticules d'argent sont également souvent utilisées pour leurs propriétés antimicrobiennes afin de lutter contre un large éventail de phytopathogènes (organismes responsables de maladies des plantes). Les scientifiques rapportent également que les nanoparticules d'argent stimulent la croissance des plantes. De nombreuses entités de l'industrie chimique utilisent également des préparations de nanoparticules d'aluminosilicate comme pesticides efficaces. Les nanoparticules de dioxyde de titane sont biocompatibles et utilisées pour désinfecter l'eau. Et les nanoparticules de carbone telles que, par exemple, le graphène, l'oxyde de graphène, les points de carbone et les fullerènes trouvent des applications en tant que stimulants de la germination des plantes (Bose, 2021).

<b>Définition</b>
<b>Phytopathogène</b> Organisme causant des maladies des plantes.

L'utilisation de nanoherbicides et de nanopesticides pour lutter contre les mauvaises herbes et les nuisibles a entraîné une augmentation substantielle des rendements des cultures. À la suite d'infections microbiennes (virales, fongiques et bactériennes), d'énormes pertes se produisent chaque année dans l'agriculture. Les nanomatériaux ayant des propriétés antimicrobiennes spécifiques peuvent prévenir les infections microbiennes. Plusieurs nanoparticules, telles que les nanoparticules de ferrite de nickel et les nanoparticules de cuivre, ont un fort effet antifongique et sont utilisées avec succès dans la lutte contre les maladies (Bose, 2021).

Des nanotechnologies ont également été utilisées dans la construction d'un système de distribution « intelligent », qui libère lentement et de manière contrôlée des nutriments à un endroit désigné, aidant ainsi les plantes à faire face à leur carence. Les nanofertilisants augmentent les rendements des cultures en fournissant des nutriments importants aux plantes. Après l'utilisation d'engrais nanophosphorés, une augmentation substantielle des rendements en mil et en haricots dans les zones sèches a été constatée. Les suspensions de nanoparticules de chitosane contenant de l'azote, du phosphore et du sodium ont également augmenté le rendement des cultures (Bose, 2021).

Les nanotubes de carbone sont capables de pénétrer même la coquille dure des graines de tomates et d'améliorer considérablement l'indice de germination et la croissance des plantes. De même, le pourcentage de germination a augmenté lors de la pulvérisation de graines de soja et de maïs avec des nanotubes de carbone à parois multiples. Divers nano-traitements sont disponibles pour augmenter l'indice de germination des plantes. (Bose, 2021).

Enfin, nous avons aussi ici des nanocapteurs, qui sont très sensibles et spécifiques par rapport aux capteurs conventionnels. Ces dispositifs, à travers un microprocesseur, convertissent les réactions biologiques en réactions électriques. Les nanocapteurs permettent la surveillance des signaux en temps réel et assurent la détection directe ou indirecte des micro-organismes pathogènes, de la résistance aux antibiotiques et de la contamination par les pesticides, les toxines et les métaux lourds. Cette technologie est également utilisée pour surveiller le stress des cultures, l'état du sol, la croissance des plantes, la teneur en éléments nutritifs et la qualité des aliments (Bose, 2021).

Mais tout cela n'est que le début de l'utilisation des nanotechnologies dans l'agriculture. Nous prévoyons qu'à l'avenir les nanotechnologies nous aideront dans les domaines suivants :

- Synthèse verte contrôlée des nanoparticules
- Connaissance des nanoparticules produites par les endophytes et les champignons mycorhiziens, qui sont importantes pour la productivité des cultures et le contrôle des maladies
- Interaction des nanoparticules avec le système végétal, par exemple mécanisme d'insertion des nanoparticules dans le corps d'une plante
- Évaluation critique des effets secondaires négatifs des nanoparticules sur différentes conditions environnementales
- Développement de nanocapteurs bio portables et faciles à utiliser pour une analyse rapide du sol, des plantes, de l'eau et des pesticides

<b>Définition</b>
<b>Synthèse verte</b> La méthode de synthèse verte représente une évolution de la production de nanoparticules non toxiques et biocompatibles et sûres à faibles coûts et avec un large éventail d'applications potentielles dans différents secteurs.



Avec la croissance constante de la population de la Terre, le changement climatique et la demande croissante en énergie et en eau, il y a une pression de plus en plus grande sur la production et la distribution d'aliments.

Les nanomatériaux pourraient jouer un rôle important dans l'agriculture, en particulier dans la production végétale. « L'agriculture basée sur les nanotechnologies en est encore à ses balbutiements, mais c'est un domaine intéressant et exigeant, qui se développera très rapidement dans un proche avenir. » (Pulizzi, 2019).

Les nanotechnologies nous aideront ainsi à nourrir plus de personnes plus rapidement et plus efficacement et apporteront également de l'innovation au secteur de l'emballage alimentaire.

### Faits importants

#### Avenir de l'agriculture

Les nanomatériaux et les nanotechnologies pourraient jouer un rôle important dans l'agriculture à l'avenir, en particulier dans la production végétale. Cela augmenterait la production alimentaire.

## 2. L'avenir de la nanomédecine

Les technologies de fitness portables permettent aux gens de surveiller leur santé en épinglant un appareil électronique à leur corps. Il existe même des prototypes de tatouage électronique qui peuvent scanner nos fonctions vitales. Cependant, après avoir miniaturisé ces technologies, nous pourrions aller encore plus loin et implanter ou injecter de minuscules capteurs directement dans le corps. De tels capteurs scanneraient ensuite des informations beaucoup plus détaillées avec un plus grand confort pour le patient, permettant ainsi aux médecins d'adapter un traitement sur mesure à un patient concret (Prodromakis, 2018).

**Les possibilités sont infinies, de la surveillance des inflammations et de la convalescence postopératoire, jusqu'à des utilisations moins traditionnelles, où les appareils électroniques modifieraient les signaux de notre corps et contrôlèrent ainsi la fonction des organes.** Bien que ces technologies puissent sembler être la musique d'un avenir lointain, de grandes entreprises médicales telles que GlaxoSmithKline travaillent déjà sur le développement de ce que l'on appelle les « électroceutiques » (Prodromakis, 2018).



### Se rappeler

#### Miniaturisation des technologies de santé et de fitness

Les possibilités sont infinies, de la surveillance des inflammations et de la convalescence postopératoire, jusqu'à des utilisations moins traditionnelles, où les appareils électroniques modifieraient les signaux de notre corps et contrôlèrent ainsi la fonction des organes.

Les nanotechnologies sont en outre étudiées dans le but de diagnostiquer et de traiter l'artériosclérose, c'est-à-dire l'accumulation de plaque dans les artères. Dans le cadre d'une technique, les scientifiques ont créé une nanoparticule qui imite le « bon » cholestérol dans le corps, connu sous le nom de HDL (high-density lipoprotein), ce qui aide à réduire la plaque. La conception et la construction de matériaux nanoporeux solides avancés pourraient permettre le développement de nouvelles technologies d'ordonnement des gènes, qui permettent la détection de molécules individuelles à faibles coûts et à grande vitesse, tout en ayant des exigences minimales en matière de préparation et d'instrumentation des échantillons (NNI, 2021).

Les chercheurs en nanotechnologies travaillent également sur une variété de thérapies différentes, où les nanoparticules peuvent encapsuler ou autrement aider à injecter un médicament dans les cellules cancéreuses, minimisant ainsi le risque de dommages aux tissus sains. Par exemple, des nanotubes de carbone sont à l'étude dans le but de distribuer des médicaments de manière ciblée. Cette recherche a le potentiel **de changer la façon dont le cancer est traité et de réduire considérablement les effets toxiques de la chimiothérapie** (NNI, 2021). D'autres nouveaux nanomatériaux, tels que les micelles de copolymères séquencés, les polymères, les points quantiques et les dendrimères, sont également conçus pour une distribution ou un ciblage plus efficaces des médicaments (EUON, 2021).

Par exemple, les points quantiques sont des nanocristaux semi-conducteurs formés par un noyau inorganique dans un boîtier métallique. Ils peuvent être utilisés comme porteurs de médicaments ou comme marqueurs fluorescents pour d'autres vecteurs de médicaments, tels que les liposomes. Ils peuvent aider à combiner l'imagerie moléculaire pour le diagnostic avec une thérapie, par exemple dans le développement de stratégies pour le traitement du cancer (EUON, 2021).



Les dendrimères sont des molécules avec une structure arborescente régulière et très ramifiée. Leur diamètre varie de 1 à 10 nanomètres et ils contiennent une cavité interne hydrophobe qui peut être remplie de molécules hydrophobes, par exemple des médicaments antitumoraux. Comparés à d'autres vecteurs de médicaments, tels que les liposomes, les dendrimères sont mécaniquement plus stables, mais, d'un autre côté, ils peuvent transporter une plus petite quantité de médicament (EUON, 2021).

Une autre façon dont les nanotechnologies peuvent nous aider à lutter contre le cancer est par le biais d'un traitement sur mesure. Dans l'avenir, **les nanotechnologies pourront réellement nous permettre un traitement individuel**. Les nanomédicaments nouvellement développés contiennent des systèmes multicomposants appelés théranostiques, qui peuvent contenir, par exemple, des molécules médicinales et de diagnostic. Le nanosystème en résultant permettra le diagnostic, l'administration d'un médicament et la surveillance de ses effets. Le développement de tels systèmes peut contribuer à la réalisation de l'objectif de fournir un traitement individualisé pour plusieurs maladies. La raison de la recherche de plus en plus intense dans le sens d'une nanomédecine personnalisée est que les maladies telles que le cancer sont extrêmement hétérogènes et que le traitement actuel n'est efficace que pour certains patients et à un certain stade de la maladie. L'administration d'une substance théranostique à un patient peut potentiellement permettre de surveiller la réaction du patient à un nano-médicament, car les molécules d'imagerie permettent une visualisation en temps réel de l'effet du médicament. Cela permet d'optimiser et d'adapter individuellement le dosage du médicament et les protocoles de traitement dans les étapes suivantes (EUON, 2021).

La recherche sur l'utilisation des nanotechnologies en médecine régénérative couvre, elle, plusieurs domaines, notamment la régénération des tissus osseux et nerveux. Par exemple, de nouveaux matériaux peuvent être créés pour imiter la structure minérale cristalline de l'os humain ou utilisés comme résine de remplissage en stomatologie. **Les chercheurs recherchent des moyens de cultiver des tissus complexes, afin qu'un jour des organes humains puissent être cultivés à des fins de transplantation**. Les chercheurs étudient également les possibilités d'utiliser des nanobandes de graphène qui pourraient être utilisées dans le traitement des lésions de la moelle épinière ; les résultats de recherches préliminaires montrent que sur la surface conductrice du graphène, la culture des neurones a lieu avec succès (NNI, 2021).

Enfin, les chercheurs en nanomédecine recherchent un moyen pour les nanotechnologies d'améliorer les vaccins, y compris leur application sans utilisation d'une aiguille. Les chercheurs travaillent également sur **un vaccin universel pour la vaccination annuelle contre la grippe, qui couvrirait plus de souches et dont le développement annuel nécessiterait moins de ressources** (NNI, 2021).



La nanomédecine permettra ainsi une meilleure surveillance de la santé grâce à la miniaturisation des technologies de santé, tandis que les nanomatériaux émergents apporteront une administration ciblée de médicaments et un traitement individuel, contribuant ainsi à lutter contre plusieurs maladies, y compris le cancer. Enfin, la nanomédecine apporte aussi une promesse d'innovations superbes telles que, par exemple, la culture d'organes humains pour la transplantation et le développement d'une plate-forme universelle pour la vaccination annuelle contre la grippe.

#### **Se rappeler**

#### **La nanomédecine contre le cancer**

Les chercheurs en nanotechnologies travaillent également sur une variété de thérapies différentes, où les nanoparticules peuvent encapsuler ou autrement aider à injecter un médicament dans les cellules cancéreuses, minimisant ainsi le risque de dommages aux tissus sains. Il y a donc ici un potentiel pour changer la façon dont le cancer est actuellement traité et contrecarrer considérablement les effets toxiques de la chimiothérapie.

### **3. L'avenir de nos villes**

La lutte contre le changement climatique implique la nécessité de nouvelles méthodes de production et d'utilisation des énergies et les nanotechnologies jouent déjà leur rôle dans ce domaine. Le dénominateur commun des grands défis auxquels l'humanité sera confrontée au cours des 50 prochaines années est l'énergie, car la production de combustibles fossiles a déjà atteint son apogée et nous recherchons des sources d'énergie alternatives. (Williams & Adams, 2017). L'un de ces défis est la conservation de l'énergie. Les nanotechnologies ont aidé à développer des batteries capables d'absorber plus d'énergie pour les véhicules électriques et ont permis aux panneaux solaires d'atteindre une plus grande efficacité. Une astuce commune aux deux exemples d'application est la nanotexture ou les nanomatériaux (tels que les nanofils ou les nanotubes de carbone) qui transforment une surface plane en une surface tridimensionnelle avec une aire beaucoup plus grande. Cela signifie plus d'espace pour les réactions pour stocker ou produire une plus grande quantité d'énergie. Ainsi, les appareils fonctionnent plus efficacement. Dans l'avenir, les nanotechnologies pourraient permettre aux objets d'extraire l'énergie de leur environnement. De nouveaux nanomatériaux et concepts sont actuellement en cours de développement et ils montrent un potentiel de production d'énergie à partir du mouvement, de la lumière,

des changements de température, du glucose et d'autres sources avec une conversion très efficace (Prodromaki, 2018).

En outre, des conducteurs contenant des nanotubes de carbone avec beaucoup moins de résistance que les conducteurs haute tension actuellement utilisés dans le réseau électrique, réduisant ainsi les pertes de transmission d'énergie, sont en phase de développement. De même, on travaille sur des solutions nanotechnologiques pour convertir la chaleur résiduelle des ordinateurs, des voitures, des maisons, des centrales électriques, etc., en une énergie électrique utilisable (NNI, 2018).

Les nanotechnologies peuvent également être utilisées dans les panneaux solaires pour convertir plus efficacement la lumière du soleil en électricité, promettant une énergie solaire bon marché dans l'avenir. La fabrication de cellules solaires avec nanostructure pourrait être moins chère et leur installation plus facile, car elles peuvent utiliser des processus de fabrication d'impression et peuvent prendre la forme de rouleaux flexibles au lieu de panneaux solides. Des recherches récentes suggèrent que les convertisseurs solaires du futur pourraient également prendre la forme d'un revêtement. (NNI, 2018).



Le nano-traitement de l'aluminium, de l'acier, de l'asphalte, du béton et d'autres matériaux de ciment et de leurs formes recyclées est très prometteur en termes d'amélioration des propriétés, de résistance et de durée de vie des composants des infrastructures autoroutières et de transport, tout en réduisant les coûts tout au long de l'ensemble de leur cycle de vie. Les nouveaux systèmes peuvent enrichir les matériaux traditionnels avec des capacités innovantes, telles que l'**auto-consolidation** ou la capacité à fabriquer ou transmettre de l'énergie (NNI, 2018).

**Les nano-revêtements ou nano-additifs peuvent même permettre la « consolidation » de matériaux endommagés ou usés.** Par exemple, la dispersion des nanoparticules dans un matériau signifie qu'elles peuvent migrer et remplir les fissures qui se sont formées. Cette fonctionnalité permet la production de matériaux auto-réparateurs pour toute utilisation, des cockpits d'avion à la microélectronique, ce qui peut empêcher les petites fissures de se transformer en fissures plus problématiques (NNI, 2018).

L'optique avec nanostructure permet la production de sources lumineuses avec des capacités étendues de contrôle du cône de lumière, ce qui augmente considérablement l'efficacité et réduit les coûts énergétiques. Les lampes utilisant les nanotechnologies ne dirigent la lumière que là où elle est nécessaire. La capacité de contrôler

avec précision chaque faisceau de lumière émis par la source apportera une réduction majeure du smog lumineux dans les villes du futur.

Les capteurs et les dispositifs à l'échelle nanométrique peuvent fournir une surveillance continue et économiquement rentable de l'intégrité structurelle et des propriétés des ponts, des tunnels, des voies, des structures de stationnement et des trottoirs. **Les nanocapteurs, les dispositifs de communication et d'autres innovations nanoélectroniques peuvent aider à soutenir les infrastructures de transport avancées capables de communiquer avec les systèmes d'un véhicule et aider ainsi les conducteurs à la conduite dans les voies, à prévenir les accidents, à modifier les itinéraires pour éviter les embouteillages et à améliorer l'interaction du conducteur avec l'électronique embarquée** (Prodromakis, 2018). Les nanotechnologies offrent ainsi une promesse de développement de matériaux multifonctionnels qui contribuent à la production et à la maintenance de véhicules, d'avions et de vaisseaux spatiaux et maritimes plus légers, plus sûrs, plus « intelligents » et plus efficaces. En outre, les nanotechnologies offrent divers moyens d'améliorer les infrastructures de transport (NNI, 2018).

### Se rappeler

#### L'avenir est dans les structures d'auto-consolidation

Les nano-revêtements ou les nano-additifs donnent aux matériaux la capacité de « se sceller » en cas de dommage ou d'usure.



Les capteurs à l'échelle nanométrique utilisent des nanomatériaux et des procédés de fabrication nouvellement développés pour rétrécir, devenir plus complexes et plus économes en énergie. Par exemple, des capteurs avec des éléments très fins peuvent maintenant être imprimés en grands nombres sur des rouleaux de plastique flexibles à faibles coûts. Cela ouvre la possibilité de placer des capteurs dans de nombreux endroits d'infrastructures critiques afin de vérifier en permanence que tout est en ordre. Cette solution peut être appliquée aux ponts, aux avions et même aux centrales nucléaires (Prodromakis, 2018).

Cependant, tous ces capteurs produiront plus d'informations que ce que nous avons jamais traité dans le passé – nous aurons donc besoin de la technologie pour les traiter et suivre les modèles qui nous alertent des problèmes potentiels. **Il en sera de même si nous voulons utiliser de grands volumes de données provenant de capteurs dans le transport pour nous aider à résoudre les embouteillages et à prévenir les accidents ou dans**

**la prévention du crime basée sur des statistiques pour répartir les forces de police plus efficacement** (Prodromakis, 2018).

Ici, les nanotechnologies aident à créer une mémoire avec une densité de données extraordinaire, qui nous permettra de stocker ces énormes quantités de données. Mais elles sont également une inspiration pour des algorithmes ultra-efficaces pour le traitement, le cryptage et la transmission de données, sans nuire à la fiabilité. Dans la nature, nous trouvons plusieurs exemples de traitement efficace de grands volumes de données en temps réel par de minuscules structures, telles que les composants de l'œil et de l'oreille qui convertissent les sensations externes en informations transmises au cerveau. L'architecture informatique inspirée du cerveau pourrait également utiliser l'énergie plus efficacement, de sorte qu'elle souffrirait moins d'un chauffage excessif – l'un des principaux problèmes empêchant les appareils électroniques de se miniaturiser davantage (Prodromakis, 2018).

Des matériaux nanotechnologiques légers et solides pourraient être utilisés dans presque tous les moyens de transport. On estime qu'une **réduction du poids des avions de transport à réaction de 20 pour cent pourrait entraîner une réduction de la consommation de carburant allant jusqu'à 15 % entiers**. Une analyse préliminaire de la **NASA a montré que le développement et l'utilisation de nanomatériaux avancés ayant deux fois la résistance des composites conventionnels réduiraient le poids d'un lanceur spatial de 63 pour cent**. Cela signifierait non seulement des économies d'énergie substantielles nécessaires pour lancer un engin spatial en orbite, mais aussi la possibilité de développer des lanceurs spatiaux à un étage, de réduire davantage le coût des vols spatiaux, d'accroître la fiabilité des missions et d'ouvrir la porte à des concepts de propulsion alternatifs (NNI, 2018).

### **Se rappeler**

#### **L'avenir est dans l'espace**

Une analyse préliminaire de la NASA a montré que le développement et l'utilisation de nanomatériaux avancés ayant deux fois la résistance des composites conventionnels réduiraient le poids d'un lanceur spatial de 63 pour cent. Cela signifierait non seulement des économies d'énergie substantielles nécessaires pour lancer un engin spatial en orbite, mais aussi la possibilité de développer des lanceurs spatiaux à un étage, de réduire davantage le coût des vols spatiaux, d'accroître la fiabilité des missions et d'ouvrir la porte à des concepts de propulsion alternatifs.



Enfin, les chercheurs travaillent sur des « nettoyeurs » et des membranes faits de nanotubes de carbone, qui sépareront le dioxyde de carbone des fumées des centrales électriques. En outre, des conducteurs contenant des nanotubes de carbone sont en cours de développement ; ils auront beaucoup moins de résistance que les conducteurs haute tension existants utilisés actuellement dans le réseau électrique, réduisant ainsi considérablement les pertes dans le réseau de transmission d'énergie (NNI, 2018).

En bref, les nanotechnologies transformeront nos villes dans l'avenir en sécurisant l'approvisionnement et le stockage des énergies issues de sources renouvelables. Les nanotechnologies apporteront également des structures auto-réparatrices et des nanocapteurs pour surveiller tous les éléments importants de l'infrastructure qui font fonctionner les villes, tels que les autoroutes, les ponts et les centrales électriques. Les nanotechnologies fourniront également les moyens de stocker et de traiter les données des capteurs afin d'assurer la sécurité de nos infrastructures et des populations. Enfin, des matériaux nanotechnologiques légers et solides faciliteront un peu notre chemin vers les étoiles et les nettoyeurs et les membranes fourniront un air plus pur.

<b>Se rappeler</b>
<b>L'avenir est dans l'air pur</b>
Les chercheurs travaillent sur des « nettoyeurs » et des membranes, qui sépareront le dioxyde de carbone des fumées des centrales électriques.

# 1. Ancrage des connaissances

## Résumé

Vous avez atteint la fin de l'unité sur le thème « L'avenir des nanotechnologies ». En raison de la grande quantité de nouvelles connaissances, nous vous présentons une brève répétition des informations les plus importantes que vous avez obtenues sur ce thème :

Avec la croissance constante de la population de la Terre, le changement climatique et la demande croissante en énergie et en eau, il y a une pression de plus en plus grande sur la production et la distribution d'aliments. Les nanomatériaux pourraient jouer un rôle important dans l'agriculture, en particulier dans la production végétale. « L'agriculture basée sur les nanotechnologies en est encore à ses balbutiements, mais c'est un domaine intéressant et exigeant, qui se développera très rapidement dans un proche avenir. » (Pulizzi, 2019). Les nanotechnologies nous aideront ainsi à nourrir plus de personnes plus rapidement et plus efficacement et apporteront également de l'innovation au secteur de l'emballage alimentaire.

La nanomédecine permettra une meilleure surveillance de la santé grâce à la miniaturisation des technologies de santé, tandis que les nanomatériaux émergents apporteront une administration ciblée de médicaments et un traitement individuel, contribuant ainsi à lutter contre plusieurs maladies, y compris le cancer. Et pour finir, la nanomédecine apporte aussi une promesse d'innovations superbes telles que, par exemple, la culture d'organes humains pour la transplantation et le développement d'une plate-forme universelle pour la vaccination annuelle contre la grippe.

Les nanotechnologies transformeront nos villes dans l'avenir en sécurisant l'approvisionnement et le stockage des énergies issues de sources renouvelables. Les nanotechnologies apporteront également des structures auto-réparatrices et des nanocapteurs pour surveiller tous les éléments importants de l'infrastructure qui font fonctionner les villes, tels que les autoroutes, les ponts et les centrales électriques. Les nanotechnologies fourniront également les moyens de stocker et de traiter les données des capteurs afin d'assurer la sécurité de nos infrastructures et des populations. Enfin, des matériaux nanotechnologiques légers et solides faciliteront un peu notre chemin vers les étoiles et les nettoyeurs et les membranes fourniront un air plus pur.

## Références

- Bose, D. (2021). How Agricultural Nanotechnology Will Influence the Future of Farming Sustainability. Source : <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5647>
- EUON (2021). Future of nanomedicines. Source : <https://euon.echa.europa.eu/future-of-nanomedicines>
- European Commission (2021). Nanotechnology. Source : <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/nanotechnology>
- MacDonald, C. (2017) What is the future of nanotechnology in food. Source : <https://www.fooddive.com/news/what-is-the-future-of-nanotechnology-in-food/446173/>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2021) Applications of nanotechnology. Source : <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/applications-nanotechnology>
- Prodromakis, T. (2018) Five ways nanotechnology is securing your future. Source : <https://phys.org/news/2016-03-ways-nanotechnology-future.html>
- Pulizzi, F. Nano n the future of crops. *Nat. Nanotechnol.* **14**, 507 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0475-1>
- Rahman, T. (2020). The future of nanotechnology. Source : <https://medium.com/predict/the-future-of-nanotechnology-acddc9822fb>
- Thiruvengadam, M., Rajakumar, G., & Chung, I.M. (2018). Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*, *8*(1), 74. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1104-7>
- Williams L. and Adams W. (2017) Nanotechnology Demystified. McGrawHill, 343 pages.