

# Nanotechnologie

## Nanotechnologie

### Sur cette page

[Qu'est-ce que la nanotechnologie?](#)

[Sur quoi ce document porte-t-il?](#)

[De quelle façon la nanotechnologie est-elle utilisée?](#)

[Qu'entend-on par nanoparticules et comment sont-elles fabriquées?](#)

[Qu'est-ce qui rend les nanoparticules si uniques?](#)

[Quelles sont les préoccupations liées à la nanotechnologie en matière de santé et de sécurité?](#)

[Comment les nanoparticules pénètrent-elles dans l'organisme?](#)

[Des recherches actuelles révèlent ceci :](#)

[Comment contrôler l'exposition aux nanoparticules?](#)

---

## Qu'est-ce que la nanotechnologie?

La nanotechnologie est un nom général désignant une vaste gamme de technologies et de matériaux servant à la production, à la manipulation ou à l'utilisation de particules qui ont une chose en commun, soit leur taille.

La nanotechnologie (ou nanoscience) englobe les matériaux infiniment petits dont les dimensions sont comprises entre 1 et 100 nanomètres (nm), un nanomètre correspondant à un milliardième de mètre. Pour vous donner une idée de l'échelle des nanoparticules :

- L'épaisseur d'une feuille de papier est d'environ 100 000 nm.
- Le diamètre d'un cheveu humain est d'environ 70 000 à 80 000 nm.
- La taille d'un globule rouge est d'environ 7 000 nm.
- La taille d'un virus est d'environ 10 à 100 nm.

Bien que la définition exacte de la nanotechnologie puisse varier, la plupart des recherches et des études sur les nanoparticules ont porté sur des particules possédant au moins une dimension de moins de 100 nm.

NOTE : On compte de nombreux types de nanomatériaux, soit des particules, des tubes, des coquilles, des points quantiques, etc. On les appelle également nanoparticules ou particules ultrafines. Pour des raisons de simplicité, nous utiliserons le terme « nanomatériaux » pour désigner l'un ou l'autre de ces types.

---

## Sur quoi ce document porte-t-il?

Le présent document Réponses SST donne un aperçu des travaux de recherche actuels sur la nanotechnologie. Il porte principalement sur les préoccupations en matière de santé et de sécurité des travailleurs prenant part au processus de fabrication de nanoparticules. Il ne résume toutefois pas les préoccupations liées à une exposition générale des consommateurs aux nanoparticules (p. ex. lorsqu'une personne utilise un produit à des fins personnelles).

La nanotechnologie est un domaine qui évolue rapidement sur le plan de son utilisation et de notre compréhension de celle-ci. Si vous avez certaines préoccupations, n'hésitez pas à faire des recherches plus approfondies dans des revues scientifiques pour être au fait des dernières découvertes à cet égard. Dans tous les cas, il faut mener d'autres études pour déterminer les préoccupations liées à la santé et à la sécurité des humains, soit du travailleur et du consommateur.

---

## De quelle façon la nanotechnologie est-elle utilisée?

Des utilisations courantes englobent les suivantes :

- Des disques durs utilisant les propriétés magnétiques des nanomatériaux pour enregistrer plus de données dans des appareils beaucoup plus petits
- Des applications du domaine de l'automobile, comme des systèmes de batteries rechargeables, des capteurs ou des convertisseurs catalytiques sur les voitures
- Des vêtements de protection balistique légers, capables de défléchir l'énergie
- Des applications médicales, comme des « tissus intelligents » pouvant être dotés de nanodétecteurs qui assurent la surveillance de la santé, ou des traitements, notamment des pansements pour les brûlures et les plaies, ou des agents de liaison en dentisterie
- Dans les domaines du transport, de l'aviation et des voyages dans l'espace, particulièrement en raison de la capacité de créer des matériaux plus légers
- Dans des systèmes agricoles et de la nutrition
- Dans des systèmes de filtration de l'eau
- Des revêtements pour lunettes, écrans d'ordinateur, écrans d'appareil photo, fenêtres, vitres, et bien plus, qui se nettoient facilement et sont antireflets, antibuée, antimicrobiens et résistants aux rayures

- Des écrans solaires et des cosmétiques
- Des articles de sport comme des balles de tennis plus durables ou plus légères, des bâtons de baseball plus solides
- Des traitements pour rendre des vêtements ou des matelas résistant aux taches, aux plis et à la croissance des bactéries

Des travaux de recherche portent également sur l'intégration de nanomatériaux dans des médicaments ou des traitements qui viseront des organes précis ou qui permettront d'administrer le médicament dans une région précise du corps humain (p. ex. administrer un médicament directement dans les cellules cancéreuses).

---

## Qu'entend-on par nanoparticules et comment sont-elles fabriquées?

Les nanoparticules peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

Il est possible de fabriquer des nanoparticules intentionnellement et de manière contrôlée afin de leur donner une forme et une taille précises. Les nanoparticules anthropiques sont fabriquées au moyen de procédés particuliers qui permettent de créer volontairement des matériaux dotés de certaines caractéristiques. Il peut s'agir de procédés « descendants », où les particules sont réduites progressivement, ou encore de procédés « ascendants », au cours desquels les nanoparticules sont construites par assemblage atome par atome, molécule par molécule. Dans certains cas, on observe un autoassemblage de nanoparticules, par exemple, les fragments de carbone qui se recombinent pour former des nanotubes.

L'expression « particule ultrafine » est parfois utilisée pour décrire des nanomatériaux qui n'ont pas été fabriqués intentionnellement – ce sont des sous-produits de procédés ou bien des matériaux produits de manière naturelle. Parmi les sources de particules ultrafines, on compte les suivantes :

- Produits de combustion (notamment du soudage, de la cuisson, de l'incinération, de l'échappement des diesels, etc.)
- Virus
- Cendres volcaniques
- Plantes et algues

---

## Qu'est-ce qui rend les nanoparticules si uniques?

Les nanoparticules peuvent comporter des caractéristiques très différentes de celles qu'elles avaient dans leur forme plus grande (ou « normale »). Souvent, les nanoparticules sont plus résistantes, plus légères, plus réactives, ou encore, elles conduisent l'électricité différemment.

Il est important de noter qu'une nanoparticule peut comporter des caractéristiques différentes de celles du même matériau au niveau macro. Les nanoparticules ont une surface de contact plus grande par rapport à leur masse. En général, lorsque la surface de contact est accrue, cela signifie que la particule est plus réactive (par exemple, une activité biologique par unité de masse accrue par rapport à celle des particules plus grandes). Cet effet peut être positif ou négatif. Il est positif lorsque la particule a une activité antioxydante ou lorsqu'elle sert de vecteur pour administrer des médicaments directement dans des cellules ou des organes précis. L'effet peut toutefois être négatif, c'est-à-dire lorsqu'il augmente la toxicité ou le stress oxydatif d'une cellule, ou lorsqu'il détruit la cellule.

---

## Quelles sont les préoccupations liées à la nanotechnologie en matière de santé et de sécurité?

Il est difficile de répondre à cette question, car chaque nanomatériau (comme chaque substance chimique) produit des effets uniques, c'est-à-dire qui lui sont propres. Les effets produits par les nanomatériaux reposent non seulement sur leurs caractéristiques chimiques, mais également sur leur forme, leur taille, leur structure cristalline, leur texture de surface, leur charge de surface, leur réactivité de surface, et bien d'autres facteurs pouvant tous influencer sur la façon dont ils peuvent avoir des répercussions sur notre santé. De plus, les matériaux de taille nanométrique n'ont pas forcément les mêmes caractéristiques que celles des particules dites « normales » (y compris les nanomatériaux créés à partir de la même substance chimique ou du même matériau). Les nanomatériaux sont aussi étudiés pour déterminer leur capacité à provoquer des incendies ou des explosions, ou s'ils peuvent jouer un rôle de catalyseur (soit une substance qui provoque ou accélère une réaction chimique).

Le [Health and Safety Executive](#) (HSE) du Royaume-Uni fait la mise en garde suivante : « généralement, nous ne recommandons pas que vous vous fiez aux renseignements sur les risques que comportent des nanomatériaux “similaires” dans le cadre de votre évaluation des risques, à moins que vous n'ayez en main des données fiables qui confirment que votre approche est appropriée ». [traduction libre]

En 2010, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) a déclaré ce qui suit :

« ... les informations disponibles quant aux dangers spécifiques à ces substances ne sont que très parcellaires. La littérature nous offre peu d'informations spécifiques aux NP [nanoparticules] relativement aux dangers de nature physique pouvant causer des incendies ou des explosions. Sur le plan des dangers à la santé, de nombreuses études toxicologiques portant sur différentes substances ont démontré des effets toxiques sur divers organes. Il en ressort que de façon générale, une NP sera normalement plus toxique que le même produit chimique de plus forte dimension, mais il est actuellement impossible de déterminer quel paramètre de mesure de l'exposition est le mieux corrélé aux effets mesurés. L'évaluation de l'exposition professionnelle doit donc porter sur une série de différents paramètres et les données d'exposition disponibles sont relativement rares. Il faut noter de plus qu'actuellement, une attention particulière est apportée aux nanotubes de carbone (NTC) qui semblent démontrer, dans différentes études animales, une toxicité s'apparentant à celle de l'amiante, causant de ce fait une importante préoccupation dans la communauté scientifique internationale, notamment au plan de la prévention. »

(Extrait tiré du document : [Les nanoparticules de synthèse : connaissances actuelles sur les risques et les mesures de prévention en SST, deuxième édition](#), IRSST).

Cette préoccupation concernant les nanotubes de carbone (NTC) et d'autres nanomatériaux biopersistants de type HARN (*high aspect ratio nanomaterials*) est également soulevée par le HSE, qui mentionne que compte tenu des données probantes sur les risques de lésions pulmonaires et du manque d'information sur les effets d'une exposition répétée sur une longue période, il est justifié d'appliquer des mesures de contrôle accrues relativement aux NTC et aux HARN biopersistants.

Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) rapporte ses préoccupations à l'égard des effets suivants :

- Altération des cellules (in vitro) et des tissus pulmonaires après une exposition à des nanotubes de carbone
- Inflammation pulmonaire et réactions neuro-immunitaires après une exposition aux nanoparticules ou aux particules ultrafines de dioxyde de titane
- Réaction inflammatoire chez des rats après une exposition à des nanomatériaux composés de particules ultrafines de noir de carbone;
- Effets cardiovasculaires indésirables chez des souris après une exposition à des nanotubes de carbone simple paroi (SWCNT) ou multi-parois (MWCNT)

Le NIOSH fait aussi une mise en garde selon laquelle les limites d'exposition professionnelle actuelles à des substances chimiques ou des matériaux dits « normaux » pourraient ne pas s'appliquer aux nanomatériaux correspondants.

(Source : [Approaches to Safe Nanotechnology](#), NIOSH)

# Comment les nanoparticules pénètrent-elles dans l'organisme?

Les nanoparticules semblent pénétrer dans l'organisme de la même façon que les autres particules, c'est-à-dire par inhalation, ingestion ou absorption percutanée. Bien qu'il n'y ait aucune valeur seuil permettant de déterminer la toxicité d'une particule d'après sa taille, certaines études ont révélé que plus les particules sont petites, plus de risque de lésion est accru.

Dans tous les cas, il est nécessaire de mener d'autres études pour cerner toutes les préoccupations en matière de santé chez l'humain. La voie de pénétration d'une nanoparticule dans l'organisme et l'effet qu'elle peut produire varient selon de nombreux facteurs, notamment :

- Surface de contact
- Masse
- Solubilité
- Composition chimique
- Charge
- Forme
- Agrégation ou agglomération

---

## Des recherches actuelles révèlent ceci :

### Inhalation (respiratoire)

En fonction de leur taille et de leur composition, les nanomatériaux peuvent se déposer dans différentes régions de l'appareil respiratoire. Ils peuvent aussi pénétrer dans la circulation sanguine et le système lymphatique et ainsi se disséminer partout dans l'organisme. Une fois dans la circulation sanguine, les nanomatériaux peuvent atteindre le foie, la rate, la moelle osseuse, le cœur et d'autres organes.

### Peau

Les nanoparticules peuvent aussi être absorbées par la peau et atteindre d'autres organes. Certains indicateurs montrent que des particules peuvent s'accumuler autour des follicules pileux, et lorsqu'un follicule s'ouvre, les particules peuvent atteindre des couches plus profondes.

Des données probantes tirées d'études sur des animaux révèlent que les nanomatériaux peuvent pénétrer dans l'organisme par le biais du système nerveux, habituellement le nerf et le bulbe olfactifs (« nerf de l'odorat »), puis se déplacer le long des axones et des neurones du système nerveux central.

## Ingestion (système digestif)

Bien que cette voie de pénétration ne soit pas étudiée de façon approfondie, des études antérieures ont montré que les nanomatériaux tendent à traverser le tube digestif et à être éliminés rapidement. Encore une fois, l'effet varie selon les propriétés des nanomatériaux particuliers.

---

## Comment contrôler l'exposition aux nanoparticules?

Comme pour tout autre processus, les travailleurs peuvent être exposés aux nanomatériaux au cours du processus de fabrication, d'utilisation et de manutention, de même que lors de la maintenance et du nettoyage de l'équipement.

Le risque d'exposition varie selon les critères suivants :

- Caractéristiques du matériau
- Quantité de matériaux
- État des nanomatériaux : s'ils sont sous forme de poudre, dans une solution ou encapsulés
- Degré de confinement
- Durée d'utilisation

Des mesures de contrôle peuvent être mises en œuvre en suivant la hiérarchie des principes de contrôle. Il faut d'abord éliminer le risque d'exposition. S'il est impossible d'éliminer ce risque, il convient d'examiner les solutions qui pourraient être mises en œuvre, y compris le confinement de la source d'exposition et le système de ventilation. Selon le NIOSH, les connaissances scientifiques actuelles laissent entendre qu'un système de ventilation par aspiration bien conçu doté d'un filtre à particules à haute efficacité (HEPA) devrait éliminer les nanomatériaux de façon efficace.

L'éducation et la formation sur les techniques de manipulation sécuritaire sont essentielles. Il convient aussi de prévoir des pièces réservées aux repas et des vestiaires. Alors que l'équipement de protection individuelle (ÉPI) fait actuellement l'objet d'une étude pour déterminer si les modèles courants offrent une protection adéquate contre les nanomatériaux, il convient de considérer l'utilisation d'un tel équipement dans le cadre d'un programme complet de gestion du risque lié à la santé et à la sécurité. L'utilisation d'un ÉPI doit se faire dans le cadre d'un programme d'ÉPI complet. Un programme de surveillance de la santé peut également être mis en œuvre.

Le NIOSH donne à titre d'exemple des secteurs ou des activités présentant des risques d'exposition :

- La manipulation de nanomatériaux dans un milieu liquide sans protection adéquate (p. ex. des gants).
- La manipulation de nanomatériaux dans un milieu liquide lors d'un déversement ou d'un mélange nécessitant un niveau élevé d'agitation.
- La production de nanoparticules dans des systèmes non fermés.
- La manipulation (p. ex. pesée, mélange, pulvérisation) de poudre de nanomatériaux.
- La maintenance de l'équipement et des processus de fabrication ou de production de nanomatériaux, le nettoyage des déversements accidentels et la manipulation des déchets contenant des nanomatériaux.
- Le nettoyage des systèmes de dépoussiérage servant à emprisonner les nanoparticules.
- L'usinage, le ponçage, le perçage ou toute activité perturbant le comportement mécanique des matériaux contenant des nanoparticules.

Si des nanoparticules sont utilisées dans vos installations, assurez-vous de bien étudier et comprendre la littérature portant sur les recherches les plus récentes dans ce domaine. Le NIOSH invite les responsables des milieux de travail où des employés peuvent être exposés à des nanoparticules fabriquées à procéder ainsi :

- Prendre les mesures de précaution nécessaires pour contrôler l'exposition des travailleurs aux nanoparticules.
- Mener des activités de surveillance des risques comme point de départ à la mise en œuvre de mesures de contrôle.
- Continuer de suivre les méthodes de surveillance médicale établies.

Se reporter à la fiche d'information Réponses SST intitulée [Nanotechnologie - Mesures de contrôle des risques pour la santé](#) pour plus d'information.

## **Avertissement**

Bien que le CCHST s'efforce d'assurer l'exactitude, la mise à jour et l'exhaustivité de l'information, il ne peut garantir, déclarer ou promettre que les renseignements fournis sont valables, exacts ou à jour. Le CCHST ne saurait être tenu responsable d'une perte ou d'une revendication quelconque pouvant découler directement ou indirectement de l'utilisation de cette information.