

Sommaire

Nano et économie circulaire

Auteur : Nikolina Latković

Date de la dernière révision : 10.01.2022

Nano et économie circulaire

Introduction

Le changement climatique est un thème important ces derniers temps. La science et la société ont donc uni leurs forces pour lutter ensemble contre le changement climatique et pour un avenir meilleur. Et la nano ne se tient certainement pas à l'écart ! En tant que technologie clé, la nano peut contribuer à la réalisation des objectifs de l'European Green Deal et à la transition vers une économie circulaire. Voyons ensemble comment les innovations nanotechnologiques assurent déjà un avenir meilleur pour nous tous !

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

Dans cette unité, vous apprendrez ce que sont l'économie circulaire et l'European Green Deal et comment la nano peut contribuer à leur mise en œuvre. Vous découvrirez également comment la nano peut nous aider à garantir un environnement plus propre et plus durable et à économiser de l'énergie et du combustible.

Aperçu des objectifs d'apprentissage et des compétences

Dans le cadre de *Familiarisation avec l'économie circulaire*, vous découvrirez ce que sont l'économie circulaire et l'European Green Deal et comment les nanotechnologies peuvent contribuer à leur mise en œuvre.

Dans la section *La nano pour un meilleur environnement*, vous apprendrez comment les nanotechnologies nous aident à réduire les déchets nocifs pour l'environnement, à développer des infrastructures plus durables et à assurer un environnement plus propre.

Nano, énergie et économie de combustible vous montrera comment les nanotechnologies peuvent nous aider à fabriquer de l'énergie à partir de sources renouvelables, à économiser du combustible, ainsi que leur potentiel dans le développement de matériaux multifonctionnels qui contribuent à la production et à la maintenance de véhicules, d'avions, de vaisseaux spatiaux et de bateaux plus légers, plus sûrs, plus intelligents et plus efficaces.

Objectifs pédagogiques	Objectifs partiels
LG_Nano and the Circular Economy_ Familiarisation avec l'économie circulaire	FO_Nano and the Circular Economy 01_01 : Qu'est-ce que l'économie circulaire ? FO_Nano and the Circular Economy 01_02 : Nano et économie circulaire _ Qu'est-ce que l'European Green Deal ?

	01_03 : Nano and the circular economy_La nano dans l'économie circulaire et l'European Green Deal
LG_ Nano and the Circular Economy_La nano pour un meilleur environnement	FO_Nano and the Circular Economy 02_01 : La nano réduit les déchets nocifs pour l'environnement FO_Nano and the Circular Economy 02_02 : Infrastructures plus durables FO_Nano and the Circular Economy 02_03 : La nano pour un environnement plus propre
LG_ Nano and the Circular Economy_Nano, énergie et économie de combustible	FO_Nano and the Circular Economy 03_01 : Nano et énergie renouvelable FO_Nano and the Circular Economy 03_02 : Nanotechnologies et économie de combustible FO_Nano and the Circular Economy 03_03 : Potentiel des nanotechnologies

1. Familiarisation avec l'économie circulaire

Pour comprendre le rôle que les nanotechnologies peuvent jouer dans l'économie circulaire, il est important de comprendre d'abord ce que l'économie circulaire représente réellement. L'économie circulaire est « un modèle de production et de consommation incluant le partage, la location, la réutilisation, la réparation, la remise à neuf et le recyclage des matériaux et produits existants pour la durée maximale possible. De cette façon, le cycle de vie des produits est prolongé ».

Le but de cette approche est de **réduire** au minimum la **quantité de déchets**. C'est-à-dire qu'après la fin de vie du produit, les matériaux à partir desquels il est fabriqué puissent être réutilisés de manière productive, **créant ainsi une valeur ajoutée**.

Cela distingue l'économie circulaire de l'économie linéaire, qui utilise le schéma « prendre-produire-consommer-jeter ». Ce modèle utilise un grand nombre de matériaux et d'énergies peu coûteux et facilement accessibles. L'une des conséquences de cette approche est l'obsolescence programmée, lorsqu'un produit est conçu pour n'avoir qu'une durée de vie limitée et que les consommateurs en achètent un nouveau.

Définition
Économie circulaire L'économie circulaire est un modèle de production et de consommation incluant le partage, la location, la réutilisation, la réparation, la remise à neuf et le recyclage des matériaux et produits existants pour la durée maximale possible. De cette façon, le cycle de vie des produits est prolongé .

Vous vous demandez peut-être pourquoi la transition vers une économie circulaire est importante. C'est parce que les réserves de matières premières ne sont pas infinies. La population de la Terre augmente constamment et, avec elle, la demande. L'extraction et la transformation des matières premières ont également un impact sur l'environnement, ce qui augmente la consommation d'énergie et la quantité d'émissions de CO₂ (Parlement européen, 2021).

Des mesures telles que, par exemple, la prévention de la naissance de déchets, une conception respectueuse de l'environnement et la réutilisation pourraient permettre aux entreprises de l'UE d'économiser de l'argent tout

en réduisant la quantité d'émissions annuelles totale de gaz à effet de serre. La production actuelle de matériaux que nous utilisons quotidiennement représente 45 % des émissions de CO₂ (Parlement européen, 2021).

La transition vers une économie circulaire pourrait contribuer à lutter contre le changement climatique, à accroître la sécurité de l'approvisionnement en matières premières, à accroître la compétitivité, à stimuler l'innovation, à soutenir l'économie et à créer des emplois (700 000 emplois dans la seule UE d'ici à 2030) (Parlement européen, 2021).

L'avantage pour vous en tant que consommateur réside dans la durée de vie plus longue et une plus grande innovation des produits, ce qui augmentera votre qualité de vie et vous permettra d'économiser de l'argent à long terme.

Image 1 : Économie circulaire



L'économie circulaire est un des objectifs de l'European Green Deal. **L'European Green Deal** est un ensemble d'initiatives politiques de la Commission européenne dont l'objectif principal est la neutralité climatique de l'Union européenne (UE) en 2050. Le changement climatique et la dégradation de l'environnement constituent une menace existentielle pour l'Europe et le monde entier. Le sens de l'European Green Deal est donc de relever ces défis en transformant l'UE en une économie moderne et compétitive qui utilise efficacement ses ressources, tout en garantissant :

- élimination des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050
- croissance économique sans augmenter la quantité de ressources utilisées
- implication de l'ensemble des gens et de tous les domaines afin que personne ne soit mis à l'écart

La Commission européenne a adopté une série de propositions visant à modifier les politiques de l'UE en matière de climat, d'énergie, de transport et de fiscalité **afin qu'il soit possible de réduire la quantité d'émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030** par rapport à l'année 1990 (Commission européenne, 2019).

Faits importants

European Green Deal

L'European Green Deal est un ensemble d'initiatives politiques de la Commission européenne dont l'objectif principal est la neutralité climatique de l'Union européenne (UE) d'ici 2050.
--

Vous vous demandez peut-être maintenant quel rôle jouent les nanotechnologies dans l'économie circulaire ? Les nanotechnologies peuvent nous aider à atteindre les objectifs de l'European Green Deal et à passer à une économie circulaire de plusieurs façons.

Les nanotechnologies impactent beaucoup de choses. Comme vous le savez déjà à partir des textes précédents, à l'échelle nanométrique les propriétés des matériaux peuvent différer de leurs propriétés à des échelles plus grandes. Les nanomatériaux peuvent ainsi nous aider à réduire la consommation de matières premières minérales critiques et de matières volumineuses, ainsi que celle d'énergies et de combustibles. Les matières premières minérales critiques (MPC) sont **des matières premières d'une grande importance pour l'économie de l'UE, dont l'approvisionnement comporte un niveau de risque élevé** (Parlement européen, 2021).

Outre l'European Green Deal et le nouveau Plan d'action européen sur l'économie circulaire, l'UE a également lancé une nouvelle Stratégie industrielle pour l'Europe et une Stratégie pour la durabilité dans le domaine des produits chimiques. Tous ces plans visent une économie durable, équitable et inclusive pour l'Union européenne. Et ces plans exigent également que tous les nouveaux matériaux et produits soient non seulement fonctionnels, mais aussi sûrs et durables. Les nanotechnologies sont l'une des technologies qui rendent possible la croissance verte (Shan *et al.* 2009).

Définition
Matières premières minérales critiques (MPC) Les matières premières minérales critiques (MPC) sont des matières premières d'une grande importance pour l'économie de l'UE, dont l'approvisionnement comporte un niveau de risque élevé.

Image 2 : Apport de l'European Green Deal



Légende

air pur, eau propre, sol sain et biodiversité	bâtiments rénovés et écoénergétiques	aliments sains et accessibles	plus de transports en commun
énergie plus propre et innovations technologiques propres les plus modernes	produits plus durables qui peuvent être réparés, recyclés et réutilisés	emplois pour l'avenir et enseignement des compétences nécessaires pour la transition	industrie compétitive et robuste à l'échelle globalisée

Dans les sections suivantes, vous en apprendrez plus sur la manière dont les nanotechnologies peuvent contribuer à la réalisation de l'économie circulaire et à l'European Green Deal en réduisant la quantité de matières premières minérales utilisées – y compris le CRM – et comment elles peuvent contribuer à réduire la quantité d'énergie et de combustibles nécessaire à la production et au transport. Enfin vous découvrirez comment les nanotechnologies peuvent contribuer à un secteur des énergies issues de sources renouvelables plus efficace.

Faits importants

Nano, économie circulaire et European Green Deal

Les nanotechnologies représentent l'une des technologies qui pourraient nous aider à créer une économie durable, équitable et inclusive pour l'Union européenne.

2. Environnement plus propre et plus durable

Vous savez donc déjà désormais que les nanotechnologies peuvent nous aider à atteindre les objectifs de l'European Green Deal et à passer à une économie circulaire. Voyons maintenant comment les nanotechnologies peuvent nous aider à atteindre ces objectifs.

Les nanomatériaux peuvent nous aider à réduire l'impact de nos activités sur l'environnement, à réduire la quantité de déchets issus de la production industrielle et agricole et à réduire la pollution globale. Premièrement, la réduction de l'impact environnemental comprend les processus et les technologies verts, la gestion de la quantité d'émissions, la désulfuration/dénitrification des sources d'énergie non renouvelables et l'amélioration des systèmes agricoles et alimentaires. Deuxièmement, le traitement des déchets industriels et agricoles et la réduction de leur quantité incluent la conversion des déchets en produits, l'assainissement des eaux souterraines, l'adsorption, le ralentissement de la photocatalyse et de la nanomembrane. Lorsqu'il s'agit de réduire la pollution de l'eau, les nanomatériaux modifient leurs propriétés physiques en raison du rapport élevé entre l'aire superficielle et le volume. Ils sont utilisés comme catalyseurs, adsorbants, membranes et additifs pour augmenter l'activité et le potentiel en raison de valeurs de surface spécifique élevées et d'effets à l'échelle nanométrique. En bref, **les nanomatériaux sont plus efficaces dans le traitement des déchets car ils réduisent la quantité de matériau nécessaire** (Shan et al. 2009). Comme nous le savons déjà, il est important de réduire la quantité de matière nécessaire, car les réserves de matières premières minérales ne sont pas infinies.



Les nanomatériaux peuvent nous aider à réduire les charges environnementales, à réduire la quantité de déchets industriels et agricoles et à réduire le niveau de pollution

Se rappeler

Nano et réduction des déchets

Les nanomatériaux sont plus efficaces dans le traitement des déchets, car ils réduisent la quantité de matériau nécessaire Comme nous le savons déjà, il est important de réduire la quantité de matière nécessaire, car les réserves de matières premières minérales ne sont pas infinies.

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). **Cela représente une contribution à la réalisation de l'économie circulaire grâce à la prolongation de la durée de vie des produits.**

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 (NNI, 2018).



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.

Il existe également un certain nombre de façons dont les nanotechnologies peuvent aider à détecter et à remédier à la pollution de l'environnement. Par exemple, les nanotechnologies peuvent aider à détecter et à assainir la pollution de l'eau à faible coût. Les chercheurs ont déjà mis au point une fine membrane avec des nano-pores pour un dessalement économe en

énergie. Cette membrane de disulfure de molybdène (MoS_2) peut filtrer **deux à cinq fois plus d'eau que les filtres conventionnels existants** (NNI, 2021).

Les chercheurs ont également développé une « serviette en papier » faite d'un nano-tissu tissé à partir de fines fibres d'oxyde de manganèse et de potassium, qui peut **absorber une quantité d'huile équivalente à jusqu'à vingt fois le poids de la serviette**. Des nanoparticules hydrofuges magnétiques ont déjà été utilisées avec succès pour séparer mécaniquement l'huile de l'eau (NNI, 2021).

En outre, une large gamme de filtres d'habitacles d'avions et d'autres types de filtres à air utilisent une « filtration mécanique » nanotechnologique, où les matériaux en nanofibres forment des pores à l'échelle nanométrique, capturant des particules dont les dimensions dépassent la taille des pores. Les filtres peuvent également contenir des couches de carbone qui éliminent les odeurs (NNI, 2021).

Les capteurs et les dispositifs nanotechnologiques peuvent également détecter et identifier des substances chimiques ou biologiques dans l'air et le sol avec une sensibilité beaucoup plus grande qu'auparavant. Un exemple est un capteur développé par la NASA comme accessoire de smartphone qui peut être utilisé par les pompiers pour surveiller la qualité de l'air autour des incendies (NNI, 2021).



La NASA a développé un nano-capteur comme accessoire de smartphone qui peut être utilisé par les pompiers pour surveiller la qualité de l'air autour des incendies.

Les nanotechnologies peuvent donc nous aider à rendre l'environnement plus propre et plus durable, qu'il s'agisse du traitement des déchets ou de la filtration de l'eau et de l'air. Les nanomatériaux sont plus efficaces dans le traitement des déchets, car ils réduisent la quantité de matériau nécessaire. Grâce au traitement nanotechnologique des matériaux, les infrastructures de nos villes peuvent également être rendues plus durables en prolongeant leur durée de vie – cela s'applique, par exemple, aux trottoirs ou aux ponts.

Se rappeler

Nanotechnologies et propreté des eaux

Les chercheurs ont mis au point une fine membrane avec des nano-pores pour un dessalement économe en énergie. Cette membrane de disulfure de molybdène (MoS_2) peut filtrer deux à cinq fois plus d'eau que les filtres conventionnels existants.

3. Nano, énergie et économie de combustible

Les nanotechnologies peuvent contribuer à d'autres moyens d'obtention de l'énergie, répondant ainsi à la demande mondiale croissante d'énergie, tout en contribuant à lutter contre le changement climatique. Les scientifiques explorent différentes façons de développer des sources d'énergie propres, abordables et renouvelables, ainsi que des moyens de réduire la consommation d'énergie et la pollution de l'environnement. Les nanotechnologies, par exemple, augmentent l'efficacité de la production de combustibles issus de matières premières pétrolières grâce à une meilleure catalyse. Elles permettent également de réduire la consommation de carburant des véhicules et des centrales électriques grâce à une combustion plus efficace et moins de frottements. Les nanotechnologies sont également utilisées dans l'extraction de pétrole et de gaz, où les vannes utilisant les nanotechnologies sont utilisées dans les installations offshore, ainsi que dans la détection de fissures microscopiques dans les pipelines. (NNI, 2021). Un autre bon exemple est une augmentation de l'efficacité des éoliennes de jusqu'à 25 % grâce au traitement de surface nanothermique de leurs pales. Le traitement de surface nanothermique empêche la naissance de gel sur les éoliennes. (CISION PR Newswire, 2019). La résine avec une teneur de nanotubes de carbone est, elle, utilisée pour produire des pales d'éoliennes plus longues, plus solides et plus légères, qui peuvent générer ainsi plus d'énergie (NNI, 2021).



Un autre secteur de l'énergétique utilisant des sources renouvelables où les nanotechnologies peuvent aider est l'énergie solaire. Parmi les principaux inconvénients des centrales photovoltaïques figure le coût élevé de production des cellules solaires. En outre, l'efficacité des cellules solaires modernes peut réduire la perte optique directe de jusqu'à 10 %, car la surface des cellules réfléchit 2 à 10 % de la lumière solaire incidente. Les nanotechnologies offrent une solution possible à ce problème. Étant donné que la taille des nanostructures n'est généralement que de quelques centaines de nanomètres, une interface se forme donc entre l'air et la nanostructure, surtout si elle est faite de silicium, de manière échelonnée et non plane. Ce changement dans la conception des cellules solaires permet un guidage précis de la lumière et son absorption par la cellule, et non une réflexion (Cuffari, 2018). Les nanotechnologies peuvent également être utilisées dans les panneaux solaires pour convertir plus efficacement la lumière du soleil en énergie, avec la promesse d'une énergie solaire peu coûteuse pour l'avenir. Les cellules solaires avec nanostructure pourraient être fabriquées et assemblées à moindre coût, car elles peuvent utiliser des processus de fabrication d'impression et peuvent prendre la forme de rouleaux flexibles, pas seulement de panneaux solides. Des recherches récentes suggèrent que les convertisseurs solaires du futur pourraient également prendre la forme d'un revêtement (NNI, 2018).

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 dans le réseau électrique, réduisant ainsi les pertes dans le réseau de transmission. De même, des solutions nanotechnologiques sont en cours de développement pour convertir la chaleur résiduelle des ordinateurs, des voitures, des maisons, des centrales électriques, etc., en une énergie électrique utilisable (NNI, 2018).

Les produits économes en énergie et les produits à haute efficacité énergétique sont de plus en plus nombreux en termes de nombre et d'échelle d'utilisations. En plus de ce qui précède, les nanotechnologies permettent également la construction de systèmes d'éclairage plus efficaces, de matériaux plus légers et plus résistants pour les châssis des véhicules, de réduire la consommation d'énergie dans les appareils électroniques avancés et de fabriquer des finitions « intelligentes » de verre sensibles à la lumière.

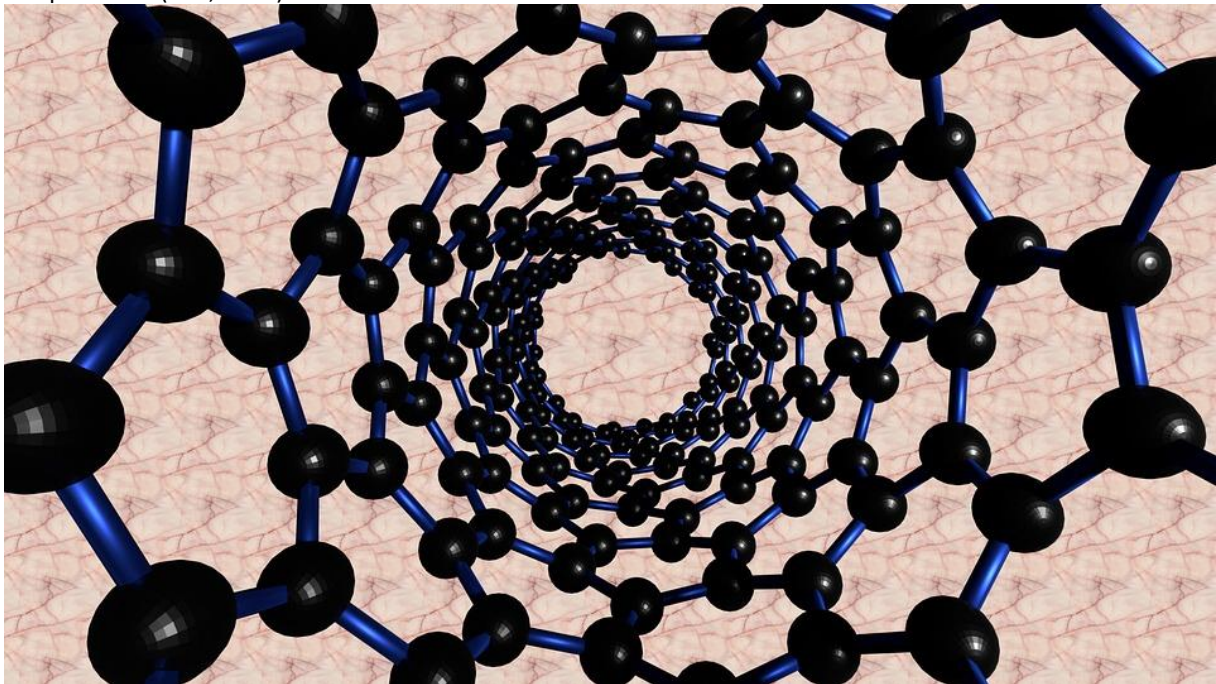
Les nanotechnologies peuvent donc nous aider à développer des produits plus efficaces qui minimisent les pertes d'énergie et maximisent les performances.

Se rappeler

Nanotechnologies et énergies renouvelables

Les nanotechnologies peuvent donc nous aider à développer des produits plus efficaces qui minimisent les pertes d'énergie et maximisent les performances.

Nous avons déjà mentionné que les nanotechnologies peuvent nous aider à économiser du combustible. Elles peuvent en effet contribuer à l'allègement des voitures, des camions, des avions et des vaisseaux, à la fois maritimes et spatiaux, ce qui peut entraîner des économies de carburant importantes. Comme nous l'avons déjà appris auparavant, les propriétés étonnantes des nanomatériaux nous permettent de développer des matériaux aussi résistants que les matériaux volumineux, mais plus légers. Les nano-additifs dans les matériaux composites polymères sont également utilisés dans la production de battes de baseball, de raquettes de tennis, de vélos, de casques de moto, de pièces automobiles, de bagages et de coques d'outils électriques, qui sont donc légers, rigides, résistants et avec une longue durée de vie. Des panneaux avec des nanotubes de carbone sont déjà en production pour être utilisés dans les avions de nouvelle génération. Par exemple, en raison de la combinaison d'un faible poids et de la conductivité, ils sont idéaux pour le blindage électromagnétique et le contrôle des températures (NNI, 2021).



Nanotube de carbone

Les nanotechnologies augmentent de plus l'efficacité de la production de combustibles issus de matières premières pétrolières grâce à une meilleure catalyse. Elles permettent également de réduire la consommation

de combustible des véhicules et des centrales électriques grâce à une combustion plus efficace et moins de frottements (NNI, 2021).

Se rappeler

Nano et économie de combustible

Les nanotechnologies augmentent de plus l'efficacité de la production de combustibles issus de matières premières pétrolières grâce à une meilleure catalyse. Elles permettent également de réduire la consommation de combustible des véhicules et des centrales électriques grâce à une combustion plus efficace, moins de frottements et un allègement de la structure.

En bref, les nanotechnologies offrent une promesse de développement des 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 un large éventail de moyens pour améliorer les infrastructures de transport.



Comme déjà mentionné ci-dessus, les matériaux nanotechnologiques traités utilisés dans les automobiles comprennent des composants structurels constitués de nanocomposites polymères, tels que :

- systèmes de batteries haute tension
- matériaux thermoélectriques pour le contrôle des températures
- pneus à faible résistance au roulement
- capteurs et appareils électroniques efficaces/à faible coût
- panneaux solaires en feuille mince
- additifs pour carburants et meilleurs catalyseurs pour des gaz d'échappement plus propres et une plus grande autonomie.

En conclusion, les nanotechnologies peuvent contribuer à une plus grande efficacité des sources d'énergie renouvelables et à une réduction de la consommation de carburant en augmentant l'efficacité de la production de carburants à partir de matières premières pétrolières grâce à une meilleure catalyse, ainsi qu'en réduisant la consommation de carburant des véhicules et des centrales électriques grâce à une combustion plus efficace, moins de friction et un allègement structurel.

Se rappeler

Potentiel des nanotechnologies

Les nanotechnologies offrent 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.

1. Ancrage des connaissances

Résumé

Vous avez atteint la fin de l'unité sur le thème « Nano et économie circulaire ». 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 :

Les nanotechnologies impactent beaucoup de choses. Comme vous le savez déjà à partir des textes précédents, à l'échelle nanométrique les propriétés des matériaux peuvent différer de leurs propriétés à des échelles plus grandes. Les nanomatériaux peuvent ainsi nous aider à réduire la consommation de matières premières minérales critiques et de matières volumineuses, ainsi que celle d'énergies et de combustibles. (Parlement européen, 2021.)

Outre l'European Green Deal et le nouveau Plan d'action européen sur l'économie circulaire, l'UE a également lancé une nouvelle Stratégie industrielle pour l'Europe et une Stratégie pour la durabilité dans le domaine des produits chimiques. Tous ces plans visent une économie durable, équitable et inclusive pour l'Union européenne. Et ces plans exigent également que tous les nouveaux matériaux et produits soient non seulement fonctionnels, mais aussi sûrs et durables. Les nanotechnologies sont l'une des technologies qui rendent possible une croissance verte (Shan *et al.* 2009).

Les nanotechnologies peuvent donc nous aider à rendre l'environnement plus propre et plus durable, qu'il s'agisse du traitement des déchets ou de la filtration de l'eau et de l'air. Les nanomatériaux sont plus efficaces dans le traitement des déchets, car ils réduisent la quantité de matériau nécessaire. Grâce au traitement nanotechnologique des matériaux, les infrastructures de nos villes peuvent également être rendues plus durables en prolongeant leur durée de vie – cela s'applique, par exemple, aux trottoirs ou aux ponts.

Les nanotechnologies peuvent contribuer à une plus grande efficacité des sources d'énergie renouvelables et à une économie de combustible en augmentant l'efficacité de la production de carburants à partir de matières premières pétrolières grâce à une meilleure catalyse, ainsi qu'à une réduction de la consommation de carburant des véhicules et des centrales électriques grâce à une combustion plus efficace, moins de frictions et un allègement structurel.

Références

- Cuffari, B. (2018). What Nanotechnology is Used in Solar Panels? Source : <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5090>
- European Commission. (2019). A European Green Deal. Source : https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- European Commission (2021). Delivering the European Green Deal. Source : https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en
- European Parliament. (2020). Critical raw materials. Source : https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en
- European Parliament. (2021). Circular economy: definition, importance and benefits. Source : <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (2021) Nanotechnology Benefits. Source : <https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits>

- Shan, G., Surampalli, R.Y., Tyagi, R.D. *et al.* Nanomaterials for environmental burden reduction, waste treatment, and nonpoint source pollution control: a review. *Front. Environ. Sci. Eng. China* **3**, 249-264 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11783-009-0029-0>
- CISION PR Newswire. (2019). WINDGO Nanotech Thermal Coatings Help Prevent Wind Turbine Ice Build-up. Source : <https://www.prnewswire.com/news-releases/windgo-nanotech-thermal-coatings-help-prevent-wind-turbine-ice-build-up-300877840.html>