

# COMMISSION CONVENTUELLE DE LA LAÏCITE

## GROUPE BIOETHIQUE

### LES NANOTECHNOLOGIES

**La Grande Loge Féminine de France, attentive à toute innovation en matière de technologies pouvant avoir une implication sur nos modes de vie et notre environnement s'est interrogée sur ces nouveaux enjeux de société.**

Les nanotechnologies ouvrent un nouvel univers traduisant à la fois la fascination, les espoirs et les inquiétudes : des perspectives d'autant plus extraordinaires qu'elles font référence à l'infiniment petit. Le nanomonde est fascinant pour les uns, parce que riche de promesses et d'amélioration dans le domaine de la santé ou de l'environnement et inquiétant pour les autres, parce que non contrôlable et pouvant entraîner des dérèglements biologiques, des risques de toxicité ou une infiltration au plus profond de notre intimité.

Est-ce un « Nouveau Monde » alliant sciences de la vie, de la matière et de l'informatique ou bien un vaste marché de la physico-chimie des matériaux allant au-delà des frontières de l'infiniment petit ?

Effet de mode ou innovation réelle... certains y voient une continuité, d'autres un tournant majeur du progrès, alors pourquoi cette inquiétude ?

#### **LES NANOTECHNOLOGIES VONT-ELLES SAUVER NOS VIES ?**

titre le magazine mensuel de l'INSERM (avril 2012). Quels sont les problèmes d'ordre humanitaire et d'ordre éthique que nous allons rencontrer, dans le domaine du respect de la personne ? Le citoyen est-il suffisamment informé ou va-t-il subir ces évolutions sans se soucier des conséquences à long terme ? Le débat public a trainé à s'installer et les études concernant les effets sur la santé (toxicité, cancérogénèse, mutagénèse) ne répondent pas à toutes les questions.

Les femmes de la Grande Loge Féminine de France dans le cadre du groupe de bioéthique, partie intégrante de la Commission Conventuelle de la Laïcité, engagées dans la société participent à ces interrogations démocratiques que posent les progrès technologiques et en particulier les nanotechnologies. Elles mènent une réflexion sur tous ces problèmes soulevés par un monde en pleine mutation avec le souci du bien être de chaque citoyen.

## Synthèse

Les nanotechnologies ouvrent un nouvel univers de fascination, d'espoirs et d'inquiétudes. Est-ce un « Nouveau Monde » ou bien seulement un nouveau marché commercial lié à la physico-chimie des matériaux ?

Les citoyens ont-ils pris conscience de l'existence de plus de 1300 produits ou procédés déjà actifs dans leur vie quotidienne (cosmétiques, peintures, pneus, vitres, composants électroniques, etc.) sans compter la nano-médecine et les nano médicaments ?

Les nanosciences et nanotechnologies rendent perméables les frontières entre les disciplines scientifiques et technologiques : l'électronique, la chimie, la physique, la biologie, les sciences médicales, les sciences de l'information et de la communication interagissent dans ce nanomonde de l'infiniment petit.

Perturbation du cycle cellulaire, effet pathogène, l'évaluation du risque demeure encore un défi.

La faible participation du grand public à la consultation publique mise en place par la Commission nationale du débat public (CNDP)<sup>1</sup> entre octobre 2009 et février 2010 est un révélateur de l'absence d'information compréhensible aux citoyens. Les recherches scientifiques tant au niveau Français qu'Européen, faute de financement, restent peu ambitieuses par rapport aux interrogations sur les effets sur la santé humaine et sur les environnements de vie et du travail. Si l'OCDE a mis en place des groupes de travail pour décliner des tests de surveillance et de contrôle, l'absence de normes et réglementations françaises ou européennes appellent à une mobilisation collective et urgente qui assurerait à la fois une approche démocratique de ces évolutions, tout en encadrant le développement d'un secteur économiquement très prometteur où la France détient un savoir-faire indéniable et reconnu.

Le développement des nanotechnologies est globalement peu évoqué par les medias à l'instar du silence des dirigeants politiques et des scientifiques.

Le débat démocratique doit avoir lieu pour dégager les pistes appropriées à un développement responsable et sécurisé des nanotechnologies, et pour répondre aux interrogations des diverses parties prenantes, opérateurs économiques et citoyens, sur leurs usages et conséquences.

Les Femmes de la Grande Loge Féminine de France dans le cadre du groupe de bioéthique, de la Commission Conventuelle de la Laïcité, participent à ces interrogations démocratiques et éthiques que posent les progrès technologiques fournis par les nanotechnologies et proposent

---

<sup>1</sup> Débat public sur des options générales en matière de développement et de régulation des nanotechnologies à l'initiative du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, Ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi [http://www.debatpublic.fr/print.html?id=99&type=debats\\_mo\\_ouverts](http://www.debatpublic.fr/print.html?id=99&type=debats_mo_ouverts)

d'ouvrir un forum de libres connaissances et transmission d'informations pour permettre à toutes de mieux saisir les enjeux de ce "nouveau monde" en devenir et dont la connaissance sera le meilleur outil de jugement.

### **Quelques données générales pour comprendre ce qu'est le nanomonde :**

1- Alors que notre mesure habituelle macroscopique est le mètre, le nano monde se définit par le nanomètre, qui correspond au milliardième de mètre (1 nanomètre est 10 000 fois plus fin que le diamètre d'un cheveu et 100 fois plus petite qu'une molécule d'ADN), dont la représentation concrète reste difficilement imaginable !

Les nanosciences étudient les propriétés des objets de taille inférieure à quelques centaines de nanomètres tandis que les nanotechnologies permettent la conception et la fabrication de ces objets.

Les **nanosciences et nanotechnologies** se développent en rendant plus perméables les frontières entre les disciplines scientifiques et technologiques traditionnelles afin d'accroître leurs interactions et leurs apports.

L'électronique, la chimie, la physique, la biologie, les sciences médicales, les sciences de l'information et de la communication interagissent de plus en plus.

2- Un assemblage d'atomes n'obéit pas aux mêmes règles qu'un assemblage d'objets visibles. A l'échelle nanométrique, la matière présente des **propriétés particulières** qui peuvent justifier une approche spécifique. Les lois qui régissent leurs interactions à l'échelle de l'unité sont très différentes de celles reconnues à l'état macroscopique.

A l'échelle du nanomètre, les propriétés physiques fondamentales d'une substance donnée peuvent changer, par exemple le carbone devient plus dur et plus léger que l'acier.

3- Les nanotechnologies visent à étudier, manipuler et créer des groupes d'atomes et des objets manufacturés à partir du contrôle individuel d'un atome. Le terme générique "nanotechnologies" concerne l'assemblage contrôlé d'atomes et de molécules en vue de former des composants d'une taille supérieure, caractérisés parfois par de nouvelles propriétés physico-chimiques.

Grâce au microscope dit à "effet tunnel", on peut manipuler les **atomes un à un** ou étudier une **seule molécule**. Il est possible, par exemple, d'assembler sous forme de fils des atomes de carbone, ce qui dans la nature est impossible, et de réaliser une tresse de ces fils pour obtenir une structure, appelée **nanotube**, aux caractéristiques totalement nouvelles. Si le carbone est utilisé depuis la nuit des temps, les nanotubes de carbone présentent des caractéristiques mécaniques, électriques, optiques, thermiques, chimiques qui intéressent fortement les industriels.

L'industrie automobile par exemple a déjà commencé à les utiliser pour ses pièces de carrosserie car ils sont deux cent fois plus résistants et six fois plus légers que l'acier. L'électronique et l'informatique qui consomment plusieurs milliards de transistors par an

pourront un jour les remplacer par des nanotubes (un seul nanotube jouant le rôle du transistor).

En médecine par exemple, le nanotube contenant un médicament pourra le conduire jusqu'aux cellules cible. Ce sujet est détaillé dans un chapitre ultérieur.

4- Les facteurs déterminant les nanoparticules sont de plusieurs types. Voici quelques caractéristiques décrites rapidement pour mieux en appréhender l'importance.

a- leur **taille** : détermine la pénétration, l'internalisation dans les cellules et la migration vers le cytoplasme et le noyau cellulaire. La membrane basale des épithéliums cellulaires, poreuse à ces particules, va permettre leur passage dans les barrières hémato-encéphaliques, alvéolo-capillaires ou placentaires.

Par exemple lorsqu'une molécule nanométrique est placée expérimentalement dans l'alvéole d'un poumon animal, on constate que les macrophages sont inefficaces, laissant la molécule passer la membrane alvéolaire et provoquer une réaction inflammatoire au niveau de l'appareil respiratoire.

b- leur **surface** : dans les nanoparticules les atomes sont indépendants et présentent une surface d'interaction supérieure ; leur réactivité est donc potentialisée.

c- leurs **caractéristiques chimiques** différentes permettent aux particules d'adsorber à leur surface les molécules toxiques de l'environnement, ce qui va les rendre elles-mêmes toxiques.

d- leur **forme** : Les nanoparticules ultrafines pourraient être gérées d'une manière proche de celle de l'amiante. Les processus réels sont encore inconnus.

e- leur **persistance** dans les tissus (biopersistance) sera peut être à l'origine de la toxicité cellulaire, engendrant leur destruction lente et progressive ou des perturbations de leur métabolisme.

**Toutes ces caractéristiques peuvent entraîner des réponses inattendues au niveau cellulaire comme la perte d'une fonction, la perte de réactivité ou la perturbation du cycle cellulaire.**

Si ces perturbations persistent, elles risquent de provoquer une réaction inflammatoire susceptible d'engendrer des pathologies telles que **cancers ou fibroses**.

On a pu montrer que le carbone et le dioxyde de titane (très utilisé dans les crèmes solaires) peuvent passer dans le nerf olfactif et migrer dans le système nerveux central, court-circuitant la barrière hémato-encéphalique.

Ainsi ces particules présentent un **effet pathogène en laboratoire**. Mais les analyses de toxicité sont à redéfinir car très différentes de celles des composés chimiques classiques connus.

Quoi qu'il en soit, les études sont rares, parcellaires et majoritairement réalisées in vitro ou chez l'animal (donc difficilement transposable à l'homme) et les résultats divergent sur l'impact et la toxicité. L'évaluation du risque, en particulier pour les particules ultrafines demeure encore un défi.

A l'heure actuelle, il existe déjà plus de 1300 produits de la vie quotidienne utilisant des nanoparticules (cosmétiques, peintures, pneus, vitres, composants électroniques, etc...) dont de nombreuses nanoparticules non recensées ou normalisées, et aucune évaluation des risques chez l'homme n'est possible car les données et le recul sont insuffisants.

Les études scientifiques sont de plus en plus nombreuses à démontrer la nocivité de nanoparticules présentes dans les cosmétiques, et plus précisément dans les produits solaires, appliquées sur des peaux fragilisées ou lésées par les effets du soleil.

**Les nanotechnologies ne sont pas des visions du futur, elles sont déjà utilisées quotidiennement. Quel impact ont-elles sur nos vies ? Peut-on déterminer leurs effets ?**

## LA NANOMEDECINE

Les applications médicales des nano biotechnologies s'avèrent prometteuses, grâce à la miniaturisation, sur leur possibilité d'interagir de façon ciblée avec les entités biologiques telles que tissus, organes, cellules voire molécules.

Une discipline nouvelle a vu le jour, la **nanomédecine** qui utilise les micro- et nanotechnologies dans un but médical, avec des applications telles que :

- la vectorisation des médicaments
- l'exploration plus précise et moins traumatisante des patients
- le diagnostic plus précoce des maladies

Cette nouvelle médecine permettra une médecine plus préventive et plus personnalisée prenant en compte les spécificités de chaque organisme.

**Ces nano-biotechnologies constituent un important enjeu économique dans le monde, du fait de leurs multiples applications.**

**Mais concentrées sur le Vivant, ces technologies doivent être considérées également sur un plan éthique et sociétal.**

### **L'intérêt des nano en médecine :**

Elles peuvent être utilisées à différentes étapes de la prise en charge du patient :

- identification de la maladie et de sa localisation
- choix des traitements et effets de la thérapeutique
- suivi de la réponse du patient permettant une médecine personnalisée.

Le CEA s'est positionné comme un des acteurs majeurs et responsables de la recherche européenne dans ce domaine, en liaison avec les grands projets européens **Clinattec**, **NanoBio** initié en 2003 et **Nano2Life** en 2004.

**Le CEA présente un programme** en nano biotechnologie qui concerne :

- le **diagnostic in vitro** (en dehors de l'organisme) et **in vivo** (dans l'organisme) utilisant des marqueurs de taille nanométrique, en particulier l'imagerie moléculaire.
- Le développement de nouveaux **outils miniaturisés** pour le diagnostic et la recherche de nouveaux traitements.
- Le développement de **dispositifs médicaux**, implantables ou périphériques, permettant le traitement des maladies neuro-dégénératives (implants de stimulation du cerveau).

### **Les nanotechnologies au service de la santé :**

**1-Le diagnostic in vitro** : les applications en sont nombreuses et permettent des analyses plus rapides et plus facilement utilisables auprès du patient.

Elles permettent d'effectuer des analyses sur des échantillons précieux et rares (cellules fœtales) ou biopsies et de plusieurs paramètres sur le même échantillon.

Des études à grande échelle peuvent être réalisées sur des cellules individualisées et vivantes.

Une information peut être obtenue plus rapidement et permet d'adapter le traitement.

#### **Les techniques :**

- **les biopuces** : elles comportent des molécules biologiques servant à analyser des échantillons cellulaires. Dans les cas d'infection, elles donnent les moyens d'identifier l'agent responsable (bactérie, virus), de le typer et de choisir le traitement adapté.

Dans le cas du cancer elles permettront d'identifier des facteurs génétiques.

- **La microfluidique** : techniques qui permettent de maîtriser le transport et la manipulation de très petites quantités de fluides dans de petits canaux. Elle permet d'intégrer dans un seul dispositif plusieurs opérations successives d'un protocole d'analyse complexe.
- **Les laboratoires sur puces** : concept d'outils d'analyses miniaturisées, ce sont des systèmes intégrant toutes les étapes d'une analyse biologique, du traitement de l'échantillon au rendu du résultat.

#### **2-Le diagnostic in vivo au moyen de l'imagerie moléculaire :**

L'altération de cinq gènes suffit à induire la prolifération anarchique de cellules à l'origine des tumeurs et des métastases. L'imagerie moléculaire est capable de mettre en évidence la surexpression ou la sous-expression de ces gènes perturbateurs. On peut dès maintenant détecter des molécules fluorescentes au sein des tissus chez les petits animaux (souris) et des travaux en cours viseront à **détecter les tumeurs chez l'homme**.

#### **3-La vectorisation des médicaments**

L'envoi ciblé de molécules ou médicaments vers un organe, un tissu ou une cellule malade sera un **défi** pour le traitement des maladies. Les nanotechnologies développeront des nano-transporteurs capables de franchir les barrières biologiques et de transporter les médicaments en les encapsulant jusqu'à leur cible.  
Certains systèmes sont déjà homologués aux USA.

La recherche galénique (conditionnement et forme d'administration du médicament) a permis d'imaginer des systèmes d'administration capables d'une part de protéger la molécule active de sa dégradation et d'autre part de contrôler sa libération dans le temps et dans l'espace.

Rappelons les grandes étapes de mise sur le marché des médicaments, vaccins ou nouveaux dispositifs :

### **MISE SUR LE MARCHE DES MEDICAMENTS, DES VACCINS ET DES NOUVEAUX DIPOSITIFS**

- phase de développement en **laboratoire** “sur la pailleasse“
  - recherche préclinique : test chez **l'animal**
  - essais cliniques chez **l'homme en 3 phases**
    - phase I : test de non toxicité chez les volontaires sains
    - phase II : détermination de la dose thérapeutique et preuve d'efficacité chez quelques volontaires malades
    - phase III : essai chez des volontaires malades à grande échelle (3000 personnes)
- L'Agence national de sécurité du médicament (ANSM) et l'Agence européenne du médicament accordent ou non l'AMM (autorisation de mise sur le marché).  
A chaque étape de nombreux candidats sont éliminés.

## LES PROGRAMMES

### **-CLINATEC : projet du CEA lancé en 2006, le transfert de l'innovation au patient**

Les maladies neurologiques affectent un nombre croissant de personnes conduisant à des affections sévères.

Les progrès en diagnostics précoces et en thérapeutique sont souvent freinés par des problèmes techniques. Les micro et nanotechnologies doivent être mis au service de l'innovation thérapeutique de façon efficace.

Clinatec s'appuie sur les recherches menées en neurosciences, en micro et nanotechnologies et en collaboration avec l'industrie pour les applications.

### **-Nano2Life : le 1<sup>er</sup> réseau d'excellence européen en nanobiotechnologie, créé en 2004**

23 organismes de 12 pays, 20 sociétés privées avec

- création du 1<sup>er</sup> comité d'éthique européen qui va analyser les aspects éthiques, juridiques et sociaux
- soutien à la mobilité des chercheurs pour des recherches communes et accès à des équipements coûteux ou rares
- formation de jeunes chercheurs et accompagnement du secteur industriel pour participer aux travaux de recherche
- réseau d'excellence durable et intégré dans l'Union européenne

### **-NanoBio : pôle technologique grenoblois pour la Biologie et la Santé, initié par le CEA Grenoble en 2001 et l'université Fourier.**

Développer de nouveaux outils miniaturisés pour améliorer l'analyse, le diagnostic et la thérapie de maladies, l'analyse de l'eau et de certains aliments.

Création de plusieurs plateformes technologiques multi sites.

## LA COSMETIQUE

Dans les produits cosmétiques, deux types de nanomatériaux - nano-émulsions et nanopigments - sont actuellement incorporés en raison de l'efficacité de leurs principes actifs, principalement pour les crèmes solaires, les soins dermatologiques ou capillaires. Or les consommateurs, dans leur majorité, ne savent pas qu'ils les utilisent quotidiennement et ils ignorent le risque potentiel lors du contact cutané.

Leur petite taille cumule plusieurs avantages (transparence, meilleure pénétrabilité et protection par effet réfléchissant...) et une bonne tolérance cutanée - les nanoparticules de dioxyde de titane étant inertes, insolubles et non toxiques.

Les nanoparticules se situent à la frontière entre la microparticule, considérée comme inerte, et la molécule chimique, qui peut diffuser profondément dans l'organisme. Leur évaluation diffère de celle des médicaments.

**William DAB**, professeur de la chaire d'Hygiène et Sécurité du CNAM et ancien Directeur Général de la Santé, rappelle que « la question des cosmétiques fait l'objet de débats acharnés et d'une vive controverse... et qu'il faut tenter de comprendre comment les différents acteurs de ce domaine appréhendent les questions de sécurité sanitaire liées à ces produits et à ces procédés ».

Il n'existe pas dans ce domaine d'autorisation de mise sur le marché, pas plus que d'étude bénéfiques/risques ou d'accès direct aux formules par les autorités de contrôle. Seul un dossier technique est à disposition. La responsabilité en termes de santé publique incombe entièrement aux fabricants et à la charge de l'industrie cosmétique. Les données de sécurité ne comprennent pas d'études de cancérogénicité, uniquement des données de génotoxicité, de sensibilisation et photo-allergie.

De nombreuses questions se posent :

- L'utilisation des nanoparticules augmente-t-elle le pouvoir de pénétration au niveau du tissu cutané ?
- Les particules restent-elles en surface ou pénètrent-elles profondément dans le derme ?
- Peuvent-elles activer certaines synthèses cellulaires ?
- Sont-elles biodégradables ou s'accumulent-elles dans l'organisme ?
- Sont-elles toxiques et sont-elles éliminées ?

Avant d'évaluer la toxicité des nanoparticules, la première des priorités réside dans la connaissance de leur distribution et de leur élimination. C'est à partir de ces éléments que l'Agence de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) sera en mesure d'édicter des mesures de précaution efficaces et publiera un guide de recommandation pour les industriels.

Quel est le rapport bénéfices-risques réel ? Les associations de consommateurs réclament des informations en ce sens : étiquetage clair, indication sur la présence et type de nanoparticules. Le consommateur doit être averti et informé, doit posséder un droit de regard sur l'utilisation de ces nanomatériaux dans les produits cosmétologiques avant la mise sur le marché, être informé des avancées de la recherche publique ou privée sur ces questions.

## LES RISQUES PROFESSIONNELS

Selon Guy Bourgeoisat, Président de la Société Française des Hygiénistes du Travail, chaque travailleur est équipé de protections et sa peau n'entre jamais en contact direct avec les produits.

En termes de mesures organisationnelles, des évaluations de risques au poste de travail sont effectuées pour chaque tâche et chaque poste. Toutefois les derniers résultats obtenus sur la rétention des nanoparticules par les équipements de protection montrent que généralement ceux-ci n'arrêtent pas le passage des nanoparticules.

Des mesures quantitatives et des procédures de travail adaptées sont également définies, afin notamment de minimiser les envols de poussières.

Des formations spécifiques au poste de travail sont en outre réalisées, tout comme des audits périodiques des pratiques et des consignes.

Mais dans les faits, les travailleurs sont en contact avec des nanoparticules sous forme de poussières ! Une part variable est retenue au niveau du nez et du larynx, tandis qu'une autre descend jusque dans les poumons. De manière générale, plus les particules sont fines, plus elles se retrouvent dans les poumons.

L'application du **principe de précaution** doit permettre d'écarter toute nanoparticule dès lors que ses risques pour la santé humaine ne sont pas analysés et parfaitement maîtrisés.

Il doit aussi s'appliquer aux personnes qui manipulent dans leur milieu professionnel des nanoparticules pour les incorporer aux différents produits : tenues de protection spécifique, salles de travail isolées et équipées d'une ventilation adéquate...

Enfin, les effets des nanoparticules sur la santé humaine dans le milieu du travail représentent une question préoccupante et clairement identifiée dans le deuxième Plan national Santé-Travail 2010-2014 (Objectif 1 relatif à la structuration de la recherche)<sup>2</sup>

## LE DEFICIT DEMOCRATIQUE

Les problèmes posés par le développement des nanotechnologies ont été peu évoqués par les médias. Le silence des dirigeants politiques et des scientifiques est toujours important. Un premier débat public s'est tenu à travers la France en 2009 dans le but de dégager les pistes appropriées à un développement responsable et sécurisé des nanotechnologies, et de répondre aux interrogations des diverses parties prenantes, opérateurs et citoyens, sur leurs usages et conséquences.

---

<sup>2</sup> Plan national Santé-travail 2010-2014.

Ces débats, avec des recommandations, sont accessibles sur les sites de la CNDP (Comité National pour le débat Public) : [www.debatpublic-nano.org](http://www.debatpublic-nano.org), [www.nano.org](http://www.nano.org) et la lettre “Veille Nanos”.

Le véritable débat démocratique n'a pu avoir lieu, il s'agissait plutôt de réunions d'informations. Pour que les citoyens puissent se forger une opinion suffisamment éclairée, il aurait fallu poser les bonnes questions :

- sur le sens des nanos : utilité, efficacité, pourquoi celles-ci plutôt que d'autres ?
- sur leurs risques sanitaires : degré d'innocuité, de toxicité, de dangerosité, de traçabilité
- sur les risques environnementaux : les atteintes locales ou planétaires seront-elles irréversibles ?
- sur les libertés individuelles : sommes-nous épiés et tracés ?
- sur l'avenir : allons-nous vers une “machinisation” ou une “augmentation” de l'homme (comportements “modifiés”, capacités intellectuelles et physiques “augmentées”, bonheur total et irréversible assuré !...)
- sur les souhaits des citoyens : concernant ces changements et les priorités collectives
- sur la sécurité : risque terroriste ou nouveaux conflits mondiaux par augmentation du potentiel militaire, niveau des responsabilités
- sur l'impact social : inégalités sociales aggravées (accès aux soins onéreux réservé aux riches)
- sur l'impact économique : à qui profitent-elles ? Les investissements déjà consentis sont-ils justifiés (l'état vient d'investir 70 millions d'euros dans le plan Nano Innov) ? Le fossé nord/sud ne risque-t-il pas de se creuser par la réduction des matériaux naturels et des ressources minérales ?

Les conclusions du débat mettent en évidence de grandes lacunes dans le contrôle et les possibilités de participation citoyennes.

A **compter** du 1<sup>er</sup> janvier 2013, les fabricants et distributeurs de produits contenant des nanoparticules devront les déclarer à l'**Agence Nationale de Sécurité Sanitaire** afin d'**assurer** un minimum de **traçabilité, d'informations au public et un recensement** des produits mis sur le marché.

Si les réponses institutionnelles n'étaient pas satisfaisantes, le risque de rejet par la société civile de nouvelles technologies plus promptes à la course à l'innovation qu'au respect de l'intégrité physique et mentale des personnes serait réel, ce qui occasionnerait des ravages sur les plans sanitaire, environnemental, social, humain, politique et moral.

## DANS LES AUTRES PAYS

Selon le Centre de Documentation du Ministère de l'Economie et des Finances, à l'horizon 2015, 15% de l'activité manufacturière mondiale serait concernée par des dispositifs ou des matériaux utilisant des nanotechnologies.

En 2008, le montant du marché mondial est estimé à 500 milliards de dollars et pourrait doubler en 2015, selon la "National Science Foundation". Plus de la moitié de ce marché des nanotechnologies relève du secteur de l'informatique et de l'électronique, le reste étant réparti sur les matériaux et les sciences de la vie.

Le développement des nanotechnologies pourrait générer l'emploi direct de plus de 2 millions de personnes.

Les États-Unis sont actuellement leader en matière d'investissement dans ce domaine, ainsi qu'en termes de production scientifique et de valorisation de la recherche. L'effort public de R&D se répartit entre plusieurs agences fédérales et est coordonné par le programme « *National Nanotechnology Initiative* » (NNI) mis en place en 2001. Le gouvernement fédéral a attribué à ce programme un budget atteignant 1,4 milliard de dollars en 2008.

La France occupe la 2<sup>ème</sup> place derrière l'Allemagne au niveau européen.

La France et l'Europe rencontrent des difficultés dans la capacité à convertir leurs travaux en brevets et en création d'entreprises innovantes. Les 2/3 des brevets dans ce secteur sont détenus par l'Asie (Chine, Japon et Corée du sud), distançant nettement les États-Unis et l'Europe pour l'obtention des brevets.

## EN CONCLUSION

Aux USA la "National Science Foundation" affirme que « les nanotechnologies vont entraîner un changement de civilisation ».

Aujourd'hui, l'enjeu c'est de changer le monde par l'information, demain il s'agira de changer le monde par la matière en le programmant à une échelle minuscule et invisible. Les nanotechnologies ne vont pas seulement améliorer, elles vont tout simplement transformer notre planète.

L'avis n° 96 du Comité Consultatif National d'Ethique (CCNE) du 3 juillet 2007 rappelle que « *L'intégration précoce par la recherche d'un risque pour la santé se double en effet d'une réflexion nécessaire sur le risque d'une atteinte aux libertés individuelles en raison de l'ampleur des possibilités techniques quasi-infinies et de la discrétion des nanomatériaux.* »

Comme toutes les nouvelles technologies, les nanotechnologies soulèvent des interrogations, notamment éthiques, sur leurs usages potentiels et des craintes de dérives. Quels seront les effets de ces technologies sur l'homme, sur notre économie et notre mode de consommation ? Comment l'homme se comportera-t-il face à la possibilité d'assembler les atomes pour construire ce que la nature n'aura pas fait ou ne pourra pas détruire ? Quel sera le statut d'un homme hybride qui aura un dispositif implanté ?

Il existe souvent un fossé entre les découvertes et les applications ou l'usage que l'on en fait, applications conditionnées par l'aspect financier ; comment maîtrise-t-on le côté économique ? On oublie trop souvent que les finances commandent les applications qui peuvent être détournées de leur objectif d'origine et d'une utilisation à bon escient. La performance au niveau de la technologie ne doit pas être privilégiée au détriment du respect de l'intégrité physique et mentale des personnes et cacher les risques potentiels. La société est responsable et engagée et ne peut laisser la seule société économique décider.

Ces questions sont cruciales pour aujourd'hui et pour demain pour l'humanité. Comment ne pourraient-elles pas nous interpeller dans le respect de nos libertés et de la reconnaissance de la dignité humaine si le développement de ces technologies se fait à l'insu de la personne ?

Il est vital de déterminer dans quel monde nous souhaitons vivre et quelles valeurs nous voulons défendre en assumant nos responsabilités face aux possibilités offertes par ces nouvelles technologies et en cherchant un équilibre entre liberté individuelle et amélioration de la société.

## SOMMAIRE

- Introduction
- Données générales
- La nano médecine
- La cosmétique
- Les risques professionnels
- Le déficit démocratique
- Dans les autres pays
- Conclusion
- Sommaire
- Glossaire
- Références

## GLOSSAIRE

ANSES : Agence de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ANSM : agence nationale de sécurité des médicaments

CCNE : Comité Consultatif National Ethique

CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

CNAM : Conservatoire National des Arts et Métiers

CNDP : Commission Nationale du Débat Public

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

NSF : National Science Foundation (USA)

R et D : Recherche et Développement

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*-Les nanotechnologies, espoir, menace ou mirage ?*

Yan de **Kerorguen**, Edition Lignes de repères 2006.

*-Bionano-éthique, perspectives critiques sur les bionanotechnologies*

Bernadette **Bensaude-Vincent**, Raphael **Larrère** et Vanessa **Nurok**

Edition Vuibert 2008.

*-Les nanotechnologies doivent elles nous faire peur ?*

**Laurent L.**, **Petit JC.** Edition le Pommier

*-Le small bang des nanotechnologies*

Etienne **Klein.** Edition Odile Jacob 2011.