

RAPPORT D'ÉTUDE
N°DRC-16-157037-04739B

30/ 09/ 2016

Etude de l'utilisation du nano-argent

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Etude de l'utilisation du nano-argent

Verneuil-en-Halatte

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

Cantuarias-Villessuzanne, Carmen

Boucard, Pierre

Merad, Myriam

Guionnet, Dominique

Fayet, Guillaume

Vignes, Alexis

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

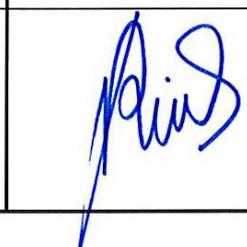
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Carmen CANTUARIAS-VILLESSUZANNE Pierre BOUCARD	Jean-Marc BRIGNON	Laurence ROUÏL
Qualité	Ingénieurs Unité Economie et Décision pour l'Environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable d'unité Economie et Décision pour l'Environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle Modélisation Environnementale et Décision (DECI) Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. GLOSSAIRE	5
2. RÉSUMÉ	6
3. ABSTRACT	7
4. INTRODUCTION : PRODUCTION DE NANOPARTICULES D'ARGENT	8
5. INVENTAIRES DES PRODUITS DE CONSOMMATION COMPORTANT DES NANOPARTICULES D'ARGENT	12
5.1 <i>Consumer products inventory</i> – CPI- – Woodrow Wilson Institut (États-Unis)	16
5.1.1 Inventaire de nanoparticules d'argent (SNCI)	17
5.2 Nanodatabase (Denmark).....	19
5.3 National Institute for Public Health and the Environment – RIVM (Pays Bas)	.20
5.4 National Institut of Advanced Industrial Science and Technology – AIST (Japon).....	21
5.5 ANEC & BEUC (Europe).....	21
5.6 R-Nano – Anses (France)	23
5.7 Center for food safety - CFS (USA).....	25
5.8 Autres inventaires en cours de mise en place.....	26
5.9 Comparaison des inventaires des nanoparticules d'argent.....	26
6. EXPLOITATION DES BREVETS	30
6.1 Comparaison des secteurs économiques dans les inventaires et les brevets du nano-argent.....	36
7. AUTRES METHODES D'IDENTIFICATION DES USAGES DES NANOPARTICULES	37
7.1 Analyse bibliométrique	37
7.1.1 Résultats généraux	37
7.1.2 Etude bibliométrique	39
7.2 Analyse de la presse internationale de langue anglaise	41
8. CONCLUSIONS	43
9. REFERENCES	45

1. **GLOSSAIRE**

AFC	Analyse factorielle des correspondances.
ANEC	Bureau européen des unions de consommateurs.
ANSES	Agence national de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.
BEUC	Association européenne pour la coordination de la représentation des consommateurs pour la normalisation.
CFS	Center for food safety.
CHD	Classification hiérarchique descendante.
CPI	Consumer products inventory.
PEN	Project on Emerging Nanotechnologies.
RIVM	National Institute for Public Health and the Environment, Pays Bas.
SNCI	Silver Nanotechnology Commercial Inventory.

2. **RÉSUMÉ**

L'objectif de cette étude est d'établir une synthèse de la réalité économique des usages actuels et prospectifs du nano-argent. Les données disponibles sont nombreuses, diverses et parfois contradictoires ; plusieurs méthodologies ont donc été employées pour parvenir à un état des lieux aussi complet que possible.

Une première caractérisation économique est proposée, inventoriant les données de production et de prix de marché disponibles ainsi que les principaux acteurs économiques identifiables.

Différents exercices d'inventaire des usages du nano-argent dans les produits de consommation ont été menés dans le monde au cours des dernières années : une deuxième étape de notre étude a consisté à confronter ces exercices, tant par leurs méthodologies que par leurs résultats.

Afin de compléter ces premiers résultats et d'offrir une vue sur les usages aujourd'hui anticipés du nano-argent nous avons par ailleurs procédé à une analyse des brevets disponibles en lien avec le nano-argent.

Enfin, une troisième voie de travail a consisté à réaliser des études bibliométriques et textuelles des publications scientifiques et des articles de presse accessibles au grand public. Qu'ils soient portés par des problématiques scientifiques (caractérisation physico-chimique) ou sociétales (applications, risques), les usages actuels et futurs du nano-argent les plus communément étudiés ont ainsi pu être déterminés.

3. **ABSTRACT**

The objective of the study is to establish a synthesis of the current and prospective uses of nano-silver. The available data is numerous, diverse and sometimes contradictory. Several methodologies have therefore been used to arrive at an inventory as complete as possible.

First, an economic characterization is proposed, listing the available data on production and market price as well as the main identifiable stakeholders.

Numerous exercises of inventory the uses of nano-silver in consumer products have been carried out in the world during the last years: a second stage of our study consisted of confronting these inventories, both by their methodologies and by their results.

In order to complete these first results and to offer a view on the anticipated uses of nano-silver, we also carried out an analysis of the patents available in connection with nano-silver.

Finally, a third stage of the study consisted to lead bibliometric and textual analyses of scientific publications and press articles accessible to the general public. Whether they are driven by scientific issues (physical-chemical characterization) or societal (applications, risks), the current and future uses of nano-silver most commonly studied have thus been able to be determined.

4. INTRODUCTION : PRODUCTION DE NANOPARTICULES D'ARGENT

Du fait de ses propriétés biocides très principalement le nano-argent est l'un des nanomatériaux les plus utilisés. Trouvant notamment un lieu d'application important dans la lutte contre l'activité microbienne pathogène [1], il devrait être amené à faire de plus en plus partie de notre vie quotidienne. Ce développement est accompagné d'inquiétudes sociétales fortes. L'usage croissant des nanoparticules d'argent ainsi que les nombreuses voies d'exposition potentielles ont par exemple conduit à l'ANSES [1] de réclamer qu'une attention particulière soit portée sur ce nanomatériau.

Dans ce cadre l'OCDE [2] a compilé les principales informations concernant les applications, tests spécifiques et critères de sécurité pour la santé humaine et l'environnement dans son programme de soutien aux essais de nanomatériaux manufacturés, plus précisément dans le « Dossier on silver nanoparticles ». Cependant, ce rapport [2] ne fait apparaître aucune donnée sur les usages et la production de nano-argent.

La production globale de nanomatériaux est estimée en 2015 par la Commission Européenne à environ 11,5 millions de tonnes par an [3]. Les régions de production se situent principalement en Asie (≈34%), en Amérique du nord (≈31%) et en Europe (≈30%) ; les trois principaux producteurs étant Sigma-Aldrich, BASF et Evonik Degussa.

La production de nano-argent est considérée comme très faible au regard des potentielles applications futures [4]. Les estimations de la taille du marché de nano-argent sont fluctuantes, voir

Tableau 1.

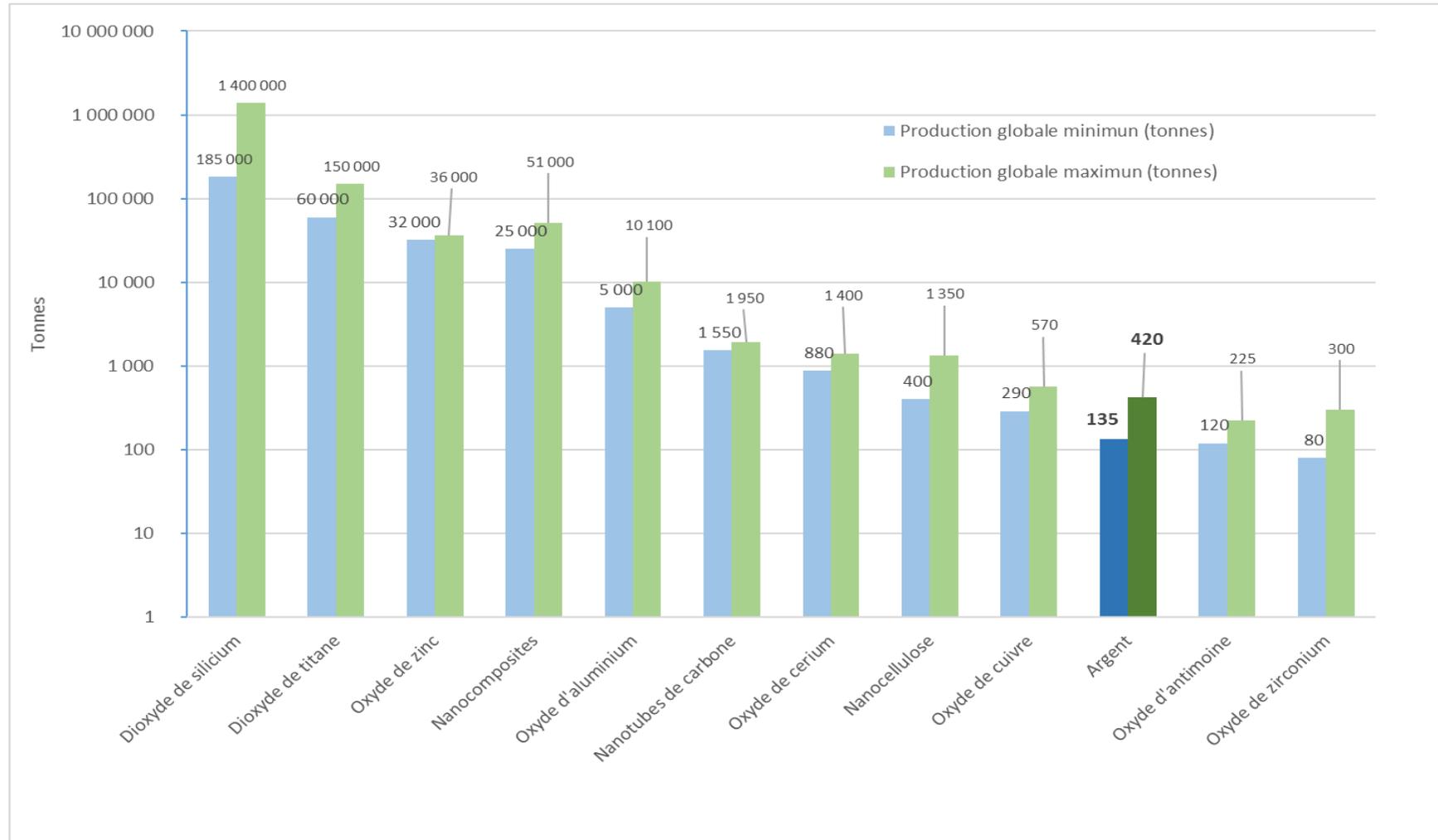
Tableau 1 Estimation de la production de nanoparticules d'argent ; Source: [3], [5]–[7]

Source	Description	Production de nano-argent (tonnes/an)	Zone géographique
NanoFATE	Projet Européen 7FP	33,4	Europe
European Commission	Production d'argent pour ses propriétés antimicrobiennes en 2010	22	Globale
Hendren, CO., et al. 2011 [5]	Estimation des données de production pour cinq nanomatériaux TiO ₂ , Ag, CeO ₂ , CNT, fullerènes.	2,8 – 20	USA
Silver Nanotechnology Working Group (SNGW)	Association industrielle du Silver Institute	250 - 312	Globale

Nowack et al 2011 [6]	Etude sur l'histoire du nano-argent	320	Globale
Keller et al. 2013 [7]	Etude sur le cycle de vie des rejets mondiaux de nanomatériaux	≈400	Globale

Pulit-Prociak et Banach [3] ont listé certaines estimations globales de la production annuelle. Les nanoparticules les plus produites sont actuellement la silice SiO₂ (185 000 – 1 400 000 tonnes/an) et le dioxyde de titane TiO₂ (60 000 – 150 000 tonnes/an). La production de nanoparticules d'argent est considérée comme étant comparativement de faible volume (135 – 420 tonnes/an), voir *Figure 1*.

Figure 1 Production mondiale de nanomatériaux en 2014 ; Source: [3]



Le marché du nano-argent est subdivisé en plusieurs segments, en fonction des usages et applications. Ses marchés ne suivent pas des indicateurs classiques car les quantités en jeu sont très faibles et le prix du produit « nanoparticule d'argent » dépend de la distribution de taille, du procédé de fabrication et des applications du produit final.

Tableau 2 Prix de nanoparticules d'argent ; Source: [3], [8], [9], sites web des entreprises.

Entreprise	Taille (nm)	Prix (US\$/kg)
Blue Nano		
SLV-NW-90 Silver Nanowires	90±20 nm	4 950
SLV-NP-100 Silver Nanospheres	100±10 nm	3 490
NaBond Technologies Co., Ltd.	< 60	160
Inframat	50-80	179
SkySpring Nanomaterials, Inc	40	472
Sigma-Aldrich	< 50	3 200
Sun Innovations	25	18 000
Plasmachem GmbH	40	4 500

Une revue de la littérature ainsi que la consultation des sites web des entreprises permettent de fournir un aperçu des principaux producteurs de nano-argent dans le monde, et de leurs principaux domaines d'activité (voir Annexe 1). Cet inventaire omet un grand nombre de petits producteurs, principalement en Asie, dont l'activité réelle et l'importance sont difficiles à évaluer.

Au-delà donc du fait généralement admis que le nano-argent est utilisé pour ses multiples propriétés, il semble nécessaire de préciser le champ de ses applications afin que puisse être mieux connu le contexte de son utilisation.

C'est l'objet de ce rapport, qui en suivant trois méthodologies distinctes, tâche d'établir une large cartographie de la réalité économique de l'utilisation du nano-argent :

- (i) Tout d'abord nous analysons les inventaires de consommation des nanoparticules d'argent.
- (ii) Ensuite, nous comparons les données des inventaires avec les études de brevets du nano-argent.
- (iii) Enfin, nous explorons des méthodes alternatives pour identifier les usages de nano-argent dans la sphère publique : l'analyse bibliométrique des articles de recherche et l'analyse textuelle de la presse internationale.

5. INVENTAIRES DES PRODUITS DE CONSOMMATION COMPORTANT DES NANOPARTICULES D'ARGENT

Les usages des nanoparticules d'argent ont largement évolué de la recherche appliquée vers la commercialisation (voir

Tableau 3). Le développement de nouvelles méthodes de production¹ des nanoparticules a permis d'introduire ces substances dans une grande variété des produits de consommation.

Ses propriétés uniques de lutte contre l'activité microbienne pathogène rendent le nano-argent attractif pour de nombreux secteurs industriels.

Tableau 3 Applications du nano-argent selon le niveau de présence dans le marché ; Source: [3]

Applications	Recherche appliquée	Démonstration	Commercialisation
Grand volume			
- Antimicrobien dans le soin des plaies			
- Antimicrobien dans les dispositifs médicaux			
- Antimicrobiens dans les textiles			
- Purification de l'eau			
- Conducteur dans les films et encres			
Faible volume			
- Emballages alimentaires			
Nouvelles applications			
- Verres intelligents (revêtement antireflet)			

Dans tous les cas, les produits répertoriés sont principalement des produits finaux, prêts à l'emploi qui contiennent des nanoparticules et qui sont effectivement présents sur le marché. Certains inventaires donnent aussi la fonction du nano-argent dans les produits identifiés.

La méthode d'identification des produits contenant des nanotechnologies varie selon les inventaires. Il est donc possible que chaque inventaire identifie plusieurs produits uniques non identifiés dans les autres [10].

¹ Production de nanomatériaux : biologique (production de nanoparticules par microorganisme), chimique (dépôt chimique en phase vapeur CVD, réduction chimique) et physique (dépôt physique en phase vapeur PVD, production des couches minces).

Cette section a vocation à répertorier les inventaires et à analyser les données disponibles relatives à l'emploi des nanoparticules d'argent. Nous avons identifié six inventaires et nouvelles initiatives que nous présentons par ordre chronologique de mise en place.

La Figure 2 et la Figure 3 montrent l'évolution du nombre de produits enregistrés contenant des nanoparticules et des nanoparticules d'argent respectivement dans les inventaires entre 2005 et 2016.

Figure 2 Inventaires des produits de consommation comportant des nanoparticules

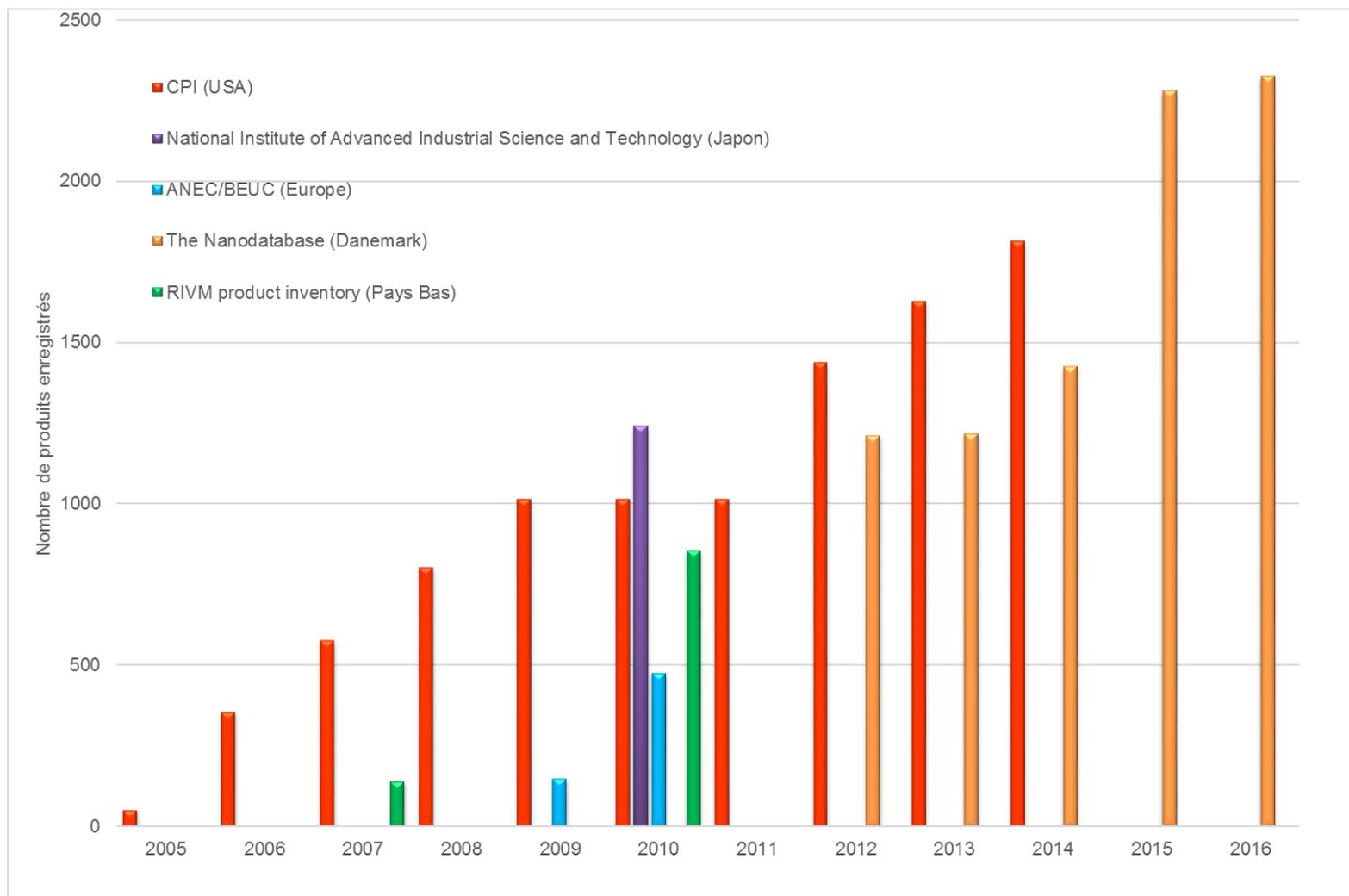
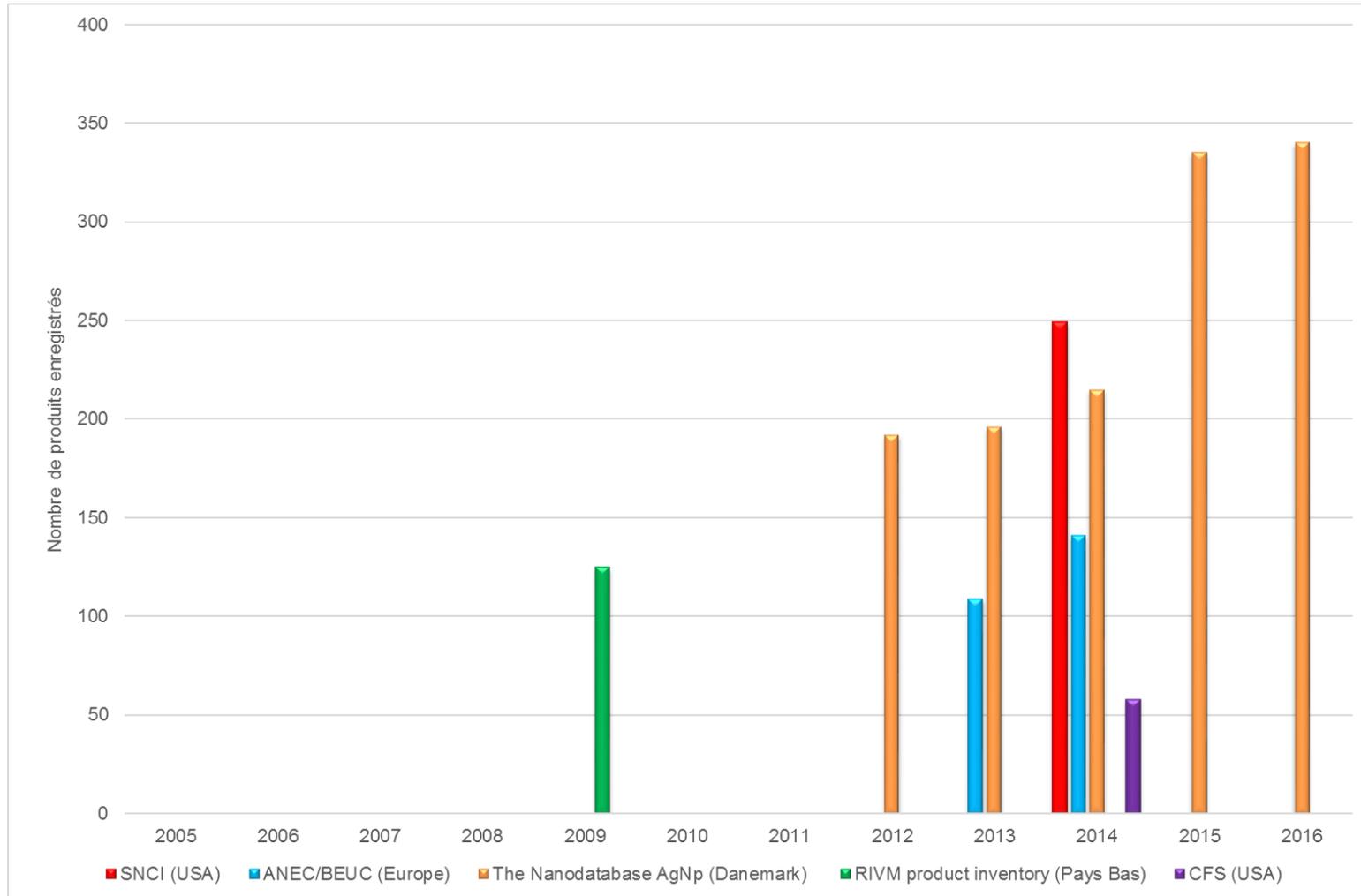


Figure 3 Inventaires des produits de consommation comportant des nanoparticules d'argent



5.1 CONSUMER PRODUCTS INVENTORY – CPI- – WOODROW WILSON INSTITUT (ÉTATS-UNIS)

L'institut Woodrow Wilson² et le *Project on Emerging Nanotechnologies (PEN)* ont mis en place en 2005 le premier inventaire de produits de consommation contenant des nanotechnologies *Nanotechnology Consumer Products Inventory (CPI)*³.

Cette base de données contient principalement des produits fabriqués aux États-Unis et en Asie orientale. Elle répertoriait, en 2014, 1814 produits de consommation (provenant de 622 entreprises réparties dans 32 pays) selon huit catégories d'usage⁴. Le Tableau 4 indique le nombre de produits de consommation contenant tous types de nanomatériaux présents dans l'inventaire entre 2007 et en 2014.

Il ressort par exemple que la catégorie contenant le plus de produits est relative aux activités de « santé et remise en forme » (*health and fitness*) avec 42% de total des produits.

Tableau 4 Catégories de produits de consommation et nombre de produits répertoriés dans l'inventaire CPI en 2007 et 2014 ; Source : [11].

Catégorie des produits de consommation	Type de produits	Nombre de produits en 2007	Nombre de produits en 2014
Santé et remise en forme	Crème solaire, filtration, biens sportifs, cosmétiques, vêtements sportifs, produits de soins personnels.	358	505
Maison et jardin	Produits de nettoyage, matériaux de construction, mobilier de maison, bagage, peintures, produits pour les animaux domestiques.	64	246
Automobile	Extérieur, maintenance et accessoires, <i>jet ski</i> , lubrifiants.	37	152
Produits transversaux	Enrobage, revêtements.	43	95

² Woodrow Wilson International Center for Scholars

³ <http://www.nanotechproject.org/cpi/>

⁴ Par ailleurs, la base de données fournit d'autres informations, relatives par exemple à la caractérisation physico-chimique des nanomatériaux employés, à leur fonction, à leurs voies d'exposition potentielles, etc.

Catégorie des produits de consommation	Type de produits	Nombre de produits en 2007	Nombre de produits en 2014
Électronique	Audio, caméras, film, matériel informatique, écrans, télévision, vidéo, appareils mobiles et de communication.	49	70
Alimentation et boissons	Aliments, stockage, emballage, compléments alimentaires.	64	72
Électroménager	Batteries, chauffage, climatisation, gros électroménager de cuisine, blanchisserie, habillement.	23	39
Produits pour les enfants	Jouets, jeux, produits de soins	15	23

Dans le CPI, le nano-argent est prédominant ; il est présent dans 24% des produits répertoriés (438 produits) [12], [13].

Il convient de noter que cet inventaire ne porte que sur les produits de consommation. Ainsi les biens à usage industriel, ou les dispositifs de santé, en sont par exemple exclus. On pourra noter la nette progression du nombre de produits concernés entre 2007 et 2014 quel que soit le secteur d'activité considéré.

5.1.1 INVENTAIRE DE NANOPARTICULES D'ARGENT (SNCI)

En 2007, le *Project on Emerging Nanotechnologies* a réalisé (sur la base d'entretiens avec des industriels provenant de 11 pays⁵) un inventaire spécifique relatif aux produits de consommation contenant des nanoparticules d'argent, le *Silver Nanotechnology Commercial Inventory* (SNCI). Il convient de noter ici que l'argent sous forme colloïdale⁶ est également inclus dans l'étude.

Cet inventaire SNCI se traduit par la mise à disposition de 240 fiches produit téléchargeables en accès libre⁷, 214 d'entre elles correspondant à des produits commerciaux et 26 à des produits précurseurs⁸.

⁵ Chine, Allemagne, Iran, Japon, Nouvelle-Zélande, Singapour, Corée, Taiwan, Thaïlande, Royaume-Uni et États-Unis.

⁶ L'argent colloïdal est une solution contenant des particules (pouvant être nanométriques) d'argent en suspension.

⁷ <http://www.nanotechproject.org/inventories/silver/>

⁸ Les produits précurseurs représentent des produits qui sont utilisés dans le processus de fabrication ou production d'un autre bien final.

Sur la base des informations issues de ces fiches, le Tableau 5 présente les principales catégories d'usages du nano-argent, ainsi que leur prévalence. Ces catégories d'usages sont celles déjà présentes dans l'inventaire du CPI, augmentées de deux nouvelles applications : les applications médicales et les « usages publics ». Cette dernière catégorie caractérise les produits auxquels les individus peuvent être exposés sans qu'ils aient dû les acquérir ; par exemple, les gels antibactériens déposés sur des supports dans des espaces publics, sur les boutons et les renforcements métalliques dans les transports publics [14].

Tableau 5 Catégories et nombre de produits de consommation dans le SNCI en 2008 ; Source : [14]

Catégorie des produits de consommation	Nombre de produits SNCI	% / 240 produits
Santé et remise en forme	131	54%
Maison et jardin	26	11%
Alimentation et boissons	25	10%
Produits transversaux	23	9%
Électroménager	15	6%
Applications médicales	10	4%
Électronique	8	3%
Usages Publics	6	2%
Produits pour les enfants	5	2%

Le nano-argent est employé majoritairement pour ses propriétés antibactériennes et antimicrobiennes, pour des applications qui représentent 88% des produits du SNCI [14]. Les formes d'incorporation des nanoparticules d'argent sont par revêtement pendant la fabrication d'un produit, par une application liquide (généralement l'argent colloïde) et par revêtement et pulvérisation.

Le nano-argent est donc essentiellement présent dans les produits textiles (pour limiter les odeurs liées à la sueur), les produits de soin (cosmétiques, protecteurs solaires, gels pour les mains, dentifrices), l'électroménager (réfrigérateurs, lave-linge) et les produits domestiques (peintures, mobilier de maison, mobilier pour les animaux domestiques). Appliqué sous forme colloïdale, principalement en cosmétique, il est également présent dans les produits transversaux, notamment pour le traitement de surface des emballages alimentaires.

Les nanoparticules d'argent sont fréquemment combinées aux autres nanomatériaux principalement au dioxyde de titane dans les cosmétiques et l'électronique. Le nano-argent combiné au calcium et magnésium est utilisé dans les compléments alimentaires ; le nano-argent combiné aux nano-céramiques est présent dans les filtres de l'eau, cosmétiques et humidificateurs [12].

5.2 NANODATABASE (DENMARK)

La base de données *Nanodatabase* est développée par le Conseil écologique danois et le Conseil danois des consommateurs depuis 2012. Elle présente en 2016 un inventaire de 2325 produits disponibles sur le marché européen⁹ dont 340 contiennent des nanoparticules d'argent.

Tableau 6 Catégories d'usage et nombre de produits de consommation contenant explicitement des nanoparticules d'argent dans Nanodatabase (2016) ; Source: [15]. Note : Un produit peut appartenir à plusieurs catégories.

Catégorie des produits de consommation	Type de produits	Nombre de produits contenant du nano-argent en 2016	% / 340
Santé et remise en forme	Vêtements (72), cosmétiques (12), filtres/purificateurs d'eau (8), soin personnel (134), produits de sport (12)	216	63%
Maison et jardin	Nettoyage (35), matériel de construction (2), matelas (1), peinture (4),	47	14%
Alimentation et boissons	Outils de cuisine (10), réservoir d'eau cafetière (1), emballage (5), complément alimentaire (20).	38	11%
Électroménager	Chauffage et climatisation (10), gros électroménager de cuisine (3), blanchisserie et habillement (6).	19	5%
Produits pour les enfants	Biberons, tissus, tétines (10) ; Jouets (5)	17	5%
Automobile	Maintenance des véhicules (4)	4	1%
Electronique	Matériel informatique (2), accessoires (2)	4	1%

Nanodatabase comprend par ailleurs des informations sur les voies d'exposition potentielles aux nanoparticules. A titre informatif, il ressort que concernant le nano-argent l'exposition dermique constitue la voie d'exposition la plus probable (associée à 74% des produits), devant la voie orale (14%) et l'inhalation (5%).

⁹ Date de recherche 31/05/2016 sur le site <http://nanodb.dk/>

5.3 NATIONAL INSTITUTE FOR PUBLIC HEALTH AND THE ENVIRONMENT – RIVM (PAYS BAS)

En 2007, l'Institut RIVM a réalisé son premier inventaire avec l'objectif de donner une indication sur l'exposition potentielle des consommateurs aux nanomatériaux et sur l'utilisation des nanotechnologies dans les produits de consommation [16]. L'autorité néerlandaise pour la sécurité des aliments et des produits de consommation (nVWA) a demandé en 2010 la mise à jour de l'inventaire RIVM réalisé en 2007 [10].

Ce travail a permis de montrer que le nombre de produits de consommation contenant des nanomatériaux avait été multiplié par 6 en trois ans, passant, selon les inventaires réalisés, de 143 produits en 2007 à 858 produits en 2010 [10], [16]. Parmi les produits répertoriés, les produits de soins personnels et cosmétiques, les panneaux solaires et les revêtements anti-pluie pour textiles sont ceux qui ont connu la plus forte croissance.

L'inventaire de 2007 et son actualisation de 2011 sont basés sur les études RIVM sur le nano-argent [17], [18]. Plusieurs sous-catégories et exemples de produits de consommation sont identifiés, depuis les textiles et chaussures (34 produits), suivis par les produits de soins et cosmétiques (30) et l'électronique (29), voir Tableau 7.

Tableau 7 Catégories et nombre de produits de consommation contenant des nanoparticules d'argent dans l'étude RIVM (2009) ; Source: [17]

Catégorie des produits de consommation	Nombre de produits (%/125)	Sous-catégorie de produits	Exemples de produits de consommation
Textiles et chaussures	34 (27,2%)	Vêtements	Tissus et fibres, chaussettes, chemises, pantalons, vestes, gants, sous-vêtements.
		Autres textiles	Draps, serviettes, entretien des chaussures, manches et accolades.
		Jouets	Jouets en peluche.
Produits de soin personnel et cosmétiques	30 (24%)	Soin de la peau	Crème de corps, désinfectant pour les mains, produits de soins capillaires, savon de beauté, masques.
		Hygiène bucco-dentaire	Brosse à dents, nettoyant pour dentiers, dentifrice.
		Soins capillaires	Brosse à cheveux, masques capillaires.
		Nettoyage	Lingettes nettoyantes, sprays.
		Revêtement	Instruments de maquillage, revêtement de chaîne de montre.
		Soin de bébé Autres produits de santé	Tétines, soins des dents. Préservatifs

Catégorie des produits de consommation	Nombre de produits (%/125)	Sous-catégorie de produits	Exemples de produits de consommation
Electronique	29 (23,2%)	Soins personnels	Sèche-cheveux, fer à friser, rasoirs
		Electroménager	Réfrigérateurs, machines à laver
		Matériel informatique	Ordinateurs portables, souris (laser), claviers.
		Appareils mobiles	Téléphones.
Ameublement et produits de ménages	19 (15,2%)	Nettoyage	Produits de nettoyage pour salle de bains, cuisine, toilettes, détergents, assouplissant.
		Revêtement	Sprays, suppléments de peinture
		Ameublement	Oreillers
		Ameublement / revêtement	Douches d'eau, serrures, robinets d'eau.
Filtration, purification, neutralisation, assainissement	13 (10,4%)	Filtration	Filtres à air.
		Nettoyage	Désinfectant, bombes aérosols

5.4 NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY – AIST (JAPON)

En 2007, le Japon a créé un inventaire des produits de consommation en libre accès mais en langue japonaise : 541 types de produits sont listés et 1 241 produits de consommation en 2010 étaient attribués à cet inventaire [12]. Les catégories plus fréquentes sont relatives aux cosmétiques, aux applications électroniques et articles ménagers [19].

5.5 ANEC & BEUC (EUROPE)

En 2009, le bureau européen des unions de consommateurs (BEUC)¹⁰ et l'association européenne pour la coordination de la représentation des consommateurs pour la normalisation (ANEC)¹¹ ont créé un inventaire des produits de consommation sur le marché européen contenant des nanoparticules. Cette recherche de marché a permis d'identifier 151 produits en 2009. Les données étaient acquises après étude des offres des sites de commerce en ligne exclusivement. La mise à jour en 2010, par la même méthodologie, a identifié 475 produits, ce qui constitue donc une augmentation très forte et cohérente avec celle observée par le RIVM (voir Tableau 8).

¹⁰ <http://www.beuc.eu/>

¹¹ <http://www.anec.eu/>

Tableau 8 Catégories et nombre de produits de consommation dans l'inventaire ANEC/BEUC de nanoparticules en 2010 ; Source: [20]

Catégorie	Nombre de produits de consommation	% / 475
Santé et remise en forme	199	42%
Automobile	72	15%
Produits transversaux	66	14%
Maison et jardin	60	12%
Électroménagers	27	6%
Alimentation et boissons	27	6%
Produits pour les enfants	18	4%
Electroniques et ordinateurs	6	1%

En raison du nombre important de produits de consommation contenant des nano-argent répertoriés dans les inventaires 2009-2010, les organisations ont développé en 2011-2012 un inventaire spécifique aux nanoparticules d'argent. Les données sont en accès libre au téléchargement [21] (en format Excel) pour huit catégories d'usage, voir Tableau 9. Suite à cet inventaire, l'ANEC et le BEUC recommandent un étiquetage des produits avec lesquels les consommateurs sont en contact direct et étroit tels que les textiles, cosmétiques et produits de soins personnels.

Tableau 9 Catégories et nombre de produits de consommation dans l'inventaire ANEC/BEUC de nano-argent 2011-2012 ; Source: [21]

Catégorie des produits de consommation	Nombre de produits de consommation contenant du Np-Ag (%/141 produits)	Exemples
Électroménager	47 (33%)	Machine à laver, filtre à air, réfrigérateur, filtre pour l'eau, fer à lisser, brosse à cheveux, sèche-cheveux.
Cosmétiques et produits de soin personnel	24 (17%)	Crème nettoyant, savon, gel dentaire, brosse à dents, déodorant, lotions.
Vêtements et textiles	22 (16%)	Chaussettes, oreiller, serviettes de bain, sous-vêtements, vêtements de sport, matelas.

Catégorie des produits de consommation	Nombre de produits de consommation contenant du Np-Ag (%/141 produits)	Exemples
Maison et jardin	20 (14%)	Vêtements de jardinage, produits de ménage, filtre d'eau, machine à café, réservoirs d'eau ou contenants alimentaires, peinture.
Produits pour les enfants	15 (11%)	Lessive, tasse, tétine, appareil dentaire, couverture, sous-vêtements thermiques pour enfants.
Produits transversaux	8 (6%)	Clavier, souris d'ordinateur, verres dans milieux médicaux.
Automobile	3 (2%)	Revêtement textile dans les voitures.
Alimentation et boissons	2 (1%)	Eau en bouteille, compléments alimentaires.

5.6 R-NANO – ANSES (FRANCE)

Depuis 2013, l'ANSES, conformément aux articles L.523-1 à L.523-8 du Code de l'environnement, est en charge de la gestion de la déclaration obligatoire des substances à l'état nanoparticulaire fabriquées, importées ou distribuées sur le territoire français [1]. La base de données R-Nano¹² présente les activités économiques selon la nomenclature européenne, les codes NACE. La déclaration annuelle des nanoparticules doit préciser la nature des déclarants et la définition de la substance.

De plus, le seuil minimum de la déclaration est fixé à 100 grammes par an et il est possible d'effectuer des demandes de confidentialité sur les usages [22].

¹² <http://www.r-nano.fr>

*Tableau 10 Principales catégories de secteurs d'utilisation de nanoparticules dans R-Nano en 2015 ; Source: [22]. Note : L'occurrence est supérieure au nombre total de déclarations soumises par des entités françaises (14 073). En effet, le déclarant a la possibilité de saisir plusieurs usages au sein d'une déclaration. *Secteurs non définis.*

Catégorie de secteurs d'utilisation	Occurrence	%/15 000
Agriculture, sylviculture, pêche	10 637	70,91%
Formulation [mélange] de préparations et/ou reconditionnement (sauf alliages)	2 105	14,03%
Autres *	787	5,25%
Fabrication de produits alimentaires	297	1,98%
Fabrication générale, ex. machines, équipements, véhicules, autres matériels de transport	215	1,43%
Recherche scientifique et développement	199	1,33%
Fabrication de produits en caoutchouc	131	0,87%
Fabrication de substances chimiques fines	128	0,85%
Bâtiment et travaux de construction	122	0,81%

Les informations présentées dans le *Tableau 10* concernent l'ensemble des nanoparticules et sont issues du Bilan 2015¹³ des déclarations des substances importées, fabriquées ou distribuées en France en 2014 [22].

Le volume global des nanoparticules toutes substances confondues, quantités produites ou importées déclarées en France en 2014 était de 415 773 tonnes. Parmi ces déclarations, très peu concernent le nano-Ag. Les quantités déclarées se situent dans la bande de tonnage de 0,1 à 1 kg et correspondent aux usages libellés « autres », « formulation/mélange de préparations et/ou reconditionnement (sauf alliages) », « recherche scientifique et développement » et « fabrication de substances chimiques fines ». Le Bilan 2015 [22] ne fournit pas des informations sur la répartition des tonnages déclarés, ni les produits de consommation concernés.

A noter que l'argent colloïdal, utilisé notamment dans les cosmétiques et produits de soins personnels est listé dans les inventaires CIP et ANEC/BEUC. On peut supposer que l'argent colloïdal n'est pas répertorié dans R-Nano, ce qui pourrait expliquer en partie des données *a priori* contradictoires avec les résultats des autres inventaires étudiés.

¹³ Pour cette étude nous avons travaillé sur le bilan 2015, mais non de l'ensemble des déclarations individuelles de la base, à laquelle il n'est pas possible d'avoir accès en dehors d'études d'évaluation des risques.

5.7 CENTER FOR FOOD SAFETY - CFS (USA)

Le CFS, ONG spécialisée dans le droit de l'environnement, a développé un inventaire de produits alimentaires contenant explicitement du nano-argent [23]. Cette étude a été réalisée sur la base des inventaires ANEC/BEAUC, CIP, et *Nanodatabase* cités précédemment complétée par une revue de travaux de recherche scientifique [16].

Il en ressort que le nano-argent apparaît comme ingrédient, additif alimentaire, ainsi que dans les revêtements de contenants alimentaires. On note donc une grande variété des usages dans le seul secteur alimentaire. Peters et al., 2016 [24] remarquent le nano-argent comme le principal nanomatériau utilisé dans l'industrie de l'agrofourriture, l'agroalimentaire et l'alimentation animale et humaine.

*Tableau 11 Nano-argent dans les aliments et produits en contact avec les aliments ; Source: [23]. Note : * « Eau maternelle », est une eau minérale en bouteille avec des nanoparticules d'argent colloïdal.*

Type de produit	Description des produits	Nombre des produits	Pays d'origine
Produits pour les bébés	Tasses, biberons, eau maternelle*.	5	Corée, Argentine
Bol	Bol de salade, bol pour animaux domestiques.	2	Corée, Chine
Cuisine	Anti-adhèrent pour le lait, poêle à frire, nettoyant des fruits et légumes pour enlever des résidus de pesticides. Planches à découper.	9	USA, Corée, Allemagne
Stockage alimentaire	Sacs plastiques, boîte	7	Corée, USA, Chine
Mobilier de cuisine	Revêtements, des surfaces métalliques	3	Taiwan, Chine
Compléments alimentaires	Pastille, bonbons pour la toux, la gorge.	5	USA, Allemagne,
Usages multiples	Solvants	1	Corée
Boissons énergisantes		12	USA, Corée
Réfrigérateur		3	Corée, USA, Singapore,
Bouteilles d'eau		1	Corée
Filtres à eau	Charbons actifs, filtres céramiques	10	USA, UK

5.8 AUTRES INVENTAIRES EN COURS DE MISE EN PLACE

A titre informatif, deux nouvelles initiatives consistant à inventorier les produits de consommation contenant des nanomatériaux sont en cours d'élaboration dans l'Union Européenne.

La Belgique, par l'arrêté royal relatif à la mise sur le marché des substances manufacturées à l'état nanoparticulaire a approuvé en 2014 le projet de registre de nanoparticules. La mise en place de ce registre doit pouvoir permettre une traçabilité de ces substances. Le registre sera opérationnel fin 2016 pour l'enregistrement des substances à l'état nanoparticulaire, et l'enregistrement des mélanges sera obligatoire à partir du 1er janvier 2017 [22].

En Suède, les premières inscriptions concerneront les quantités produites et importées au cours de l'année 2018. Les entreprises devront fournir des informations sur les nanomatériaux ajoutés intentionnellement dans des « produits et articles chimiques », quelle que soit la concentration. Les déchets, l'alimentation humaine et animale, les produits pharmaceutiques, les cosmétiques et l'encre de tatouage sont exemptés des exigences de déclaration [25].

5.9 COMPARAISON DES INVENTAIRES DES NANOPARTICULES D'ARGENT

Cette section présente une comparaison des inventaires de nano-argent, voir Tableau 12.

Les inventaires sont hétérogènes dans le type de données recensées et par les méthodes de compilation utilisées. Les principaux inventaires de nanoparticules s'appuient, comme principal moyen de recherche d'information sur les sites commerciaux en ligne. La plupart des inventaires proposent des fiches produit soit en libre téléchargement, soit en accès en ligne. Les inventaires RIVM et R-Nano proposent des informations via un bilan formalisé dans un rapport.

Ils sont pour certains interdépendants (ex. la base de données *Nanodatabase* compile les données du CIP et la complète). Les premiers inventaires ont été au départ créés par des centres de recherche (Institute Woodrow Wilson et RIVM) et des associations de consommateurs (ANEC et BEUC) mais la nécessité de répertorier les produits sur le marché devient désormais une préoccupation d'état, comme en témoignent la mise en place d'un système de déclaration obligatoire en France et les nouvelles initiatives en Europe.

Trois inventaires répertorient également des informations sur les entreprises produisant des nanoparticules d'argent, principalement le nom de l'entreprise et le site web.

L'inventaire *Nanodatabase* compile le plus grand nombre de produits de consommation contenant du nano-argent (340 produits) en signalant les informations sur les entreprises concernées. Cet inventaire est aussi le plus constant dans la collecte de données depuis 2012 à 2016.

En relation avec la diversité des catégories identifiées, l'inventaire SNCI est le plus vaste avec 10 catégories ; et l'inventaire CFS est surtout détaillé dans le secteur alimentaire, qu'il décrit finement en utilisant 11 catégories de produits d'application.

Chaque inventaire présente une distribution différente des principaux usages :

- les inventaires SNCI et *Nanodatabase* font ressortir la sante et remise en forme avec 54% et 63% des produits répertoriés respectivement ;
- RIVM fait ressortir les textiles et chaussures comme le principal usage ;
- Pour les inventaires ANEC et BEUC il s'agit des appareils électroménagers ;
- Enfin le secteur des cosmétiques et produits de soin personnel occupe une place significative dans les inventaires RIVM (24%) et ANEC/BEUC (17%).

Il est possible que ces différences soient en partie dues à des différences d'origine géographique des inventaires : le SNCI a un focus sur l'Asie et les Etats Unis, les autres inventaires ont un regard sur les produits de consommation en Europe.

Tableau 12 Comparaison des inventaires de produits de consommation avec nanoparticules d'argent ; Source: [10], [14], [15], [21], [22]. Note : s.d : sans données

Inventaires de nano-argent	SNCI (USA)	RIVM (Pays Bas)	ANEC/BEUC (Europe)	Nanodatabase (Danemark)	CFS (USA)	R-Nano (France)
Année de création	2005	2007	2009	2012	2014	2013
Organisme en charge	Institut Woodrow Wilson	RIVM	ANEC et BEUC	Conseil écologique danois et le Conseil danois des consommateurs	Center for Food Safety	ANSES
Description du marché :						
- Nombre de produits de consommation répertoriés.	- 240 produits (2016).	- 125 produits (2009).	- 141 produits (2011-2012).	- 340 produits (2016).	- 58 produits, secteur alimentaire (2014).	- Bande de tonnage 0,1 kg à 1 kg (2015)
- Information sur les entreprises fabricants.	- Oui	- Non	- Oui	- Oui	- Oui	- Non
Diversité du marché :						
- Nombre de catégories identifiées.	- 10 catégories.	- 5 catégories.	- 8 catégories.	- 8 catégories.	- 11 catégories	s.d.
- 3 principales catégories répertoriées	- Santé et remise en forme (54%) ; maison et jardin (11%) ;	- Textiles et chaussures (27%) ; produits de soin	- Electroménager (33%) ; cosmétiques et produits de soin	- Santé et remise en forme (63%) ; maison et jardin (14%) ;	- Secteur alimentaire.	

	alimentation et boissons (10%).	personnel et cosmétiques (24%); électronique (23%).	personnel (17%); vêtements et textiles (16%).	alimentation et boissons (11%).		
Méthode de collecte de données	- Entretiens avec des industriels ; exploitation de la base CIP.	- Étude des offres des sites de commerce en ligne, données CIP, contact téléphonique avec fabricants.	- Étude des offres des sites de commerce en ligne.	- s.d.	- Étude des inventaires ANEC/ BEAUC, CIP, et Nanodatabase et révision de travaux de recherche.	- Déclaration obligatoire du Code de l'environnement.
Accessibilité de l'information	Fiches téléchargeables en accès libre.	Sans accès libre, bilan disponible.	Téléchargeable en accès libre (format Excel).	Accès libre sur internet	Accès libre sur internet	Sans accès libre, bilan disponible.
Focus géographique	Chine, Allemagne, Iran, Japon, Nouvelle-Zélande, Singapour, Corée, Taiwan, Thaïlande, Royaume-Uni et États-Unis.	Europe.	Europe.	Danemark, Europe.	s.d.	France.

6. EXPLOITATION DES BREVETS

Une autre façon d'analyser le potentiel économique et d'identifier les domaines les plus prometteurs ou actifs des nanotechnologies est l'exploitation de brevets.

Les brevets reflètent la capacité de transfert de résultats scientifiques dans des applications technologiques. Dans ce domaine les nanotechnologies sont présentes au premier plan, l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle indiquant en effet dans son rapport de 2015 [26] qu'un quart des demandes de brevets déposées par les universités concernent les nanotechnologies. Depuis 1995, le nombre de brevets délivrés dans le domaine a augmenté en moyenne de 11,8% par an.

La consultation de la base de données de l'Office européen des brevets¹⁴ ainsi qu'une revue de la littérature scientifique permettent d'étoffer l'analyse suivante.

Une analyse des enjeux de la propriété intellectuelle associés aux nanoparticules d'argent a été publiée en 2012 [27] basée sur trois séries de mots-clés (nanosilver, nanosilver et colloidal, et nanosilver, colloidal et ultrafine).

Les auteurs ont identifié 7 422 familles de brevets¹⁵ déposés entre 1980 et 2010 et ont sélectionné 932 d'entre eux comme pertinents pour l'identification de produits commercialisables contenant des nanoparticules d'argent¹⁶. L'étude classe les brevets par catégories des produits de consommation, voir Figure 4.

Les cosmétiques, produits de soins personnels et les applications médicales représentent, dans cette perspective, plus du 70% des applications des nanoparticules d'argent.

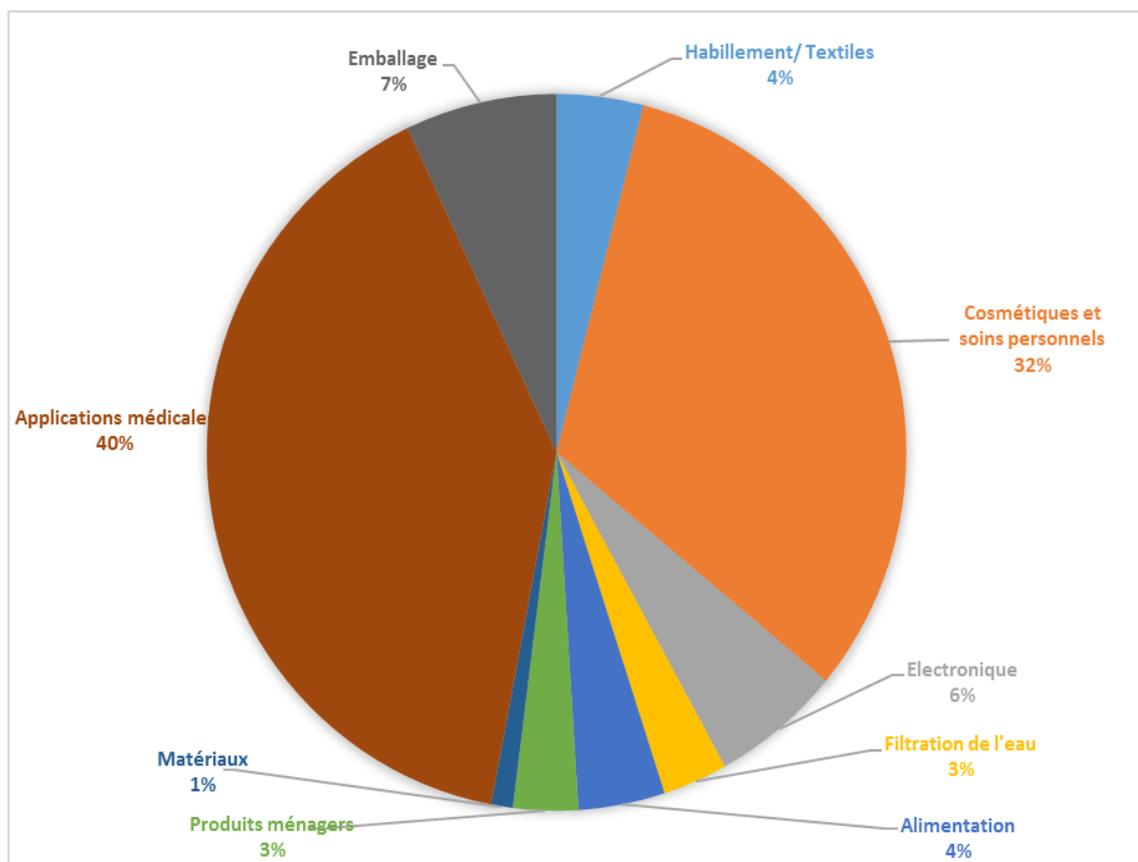
L'étude a également permis de distinguer au sein de chaque catégorie d'usage, les applications associées à une forte, moyenne, faible ou très faible concentration de nano-argent. Les résultats de produits de consommation et concentrations de nano-argent associées sont reproduits dans le Tableau 13.

¹⁴ <http://www.epo.org/>

¹⁵ Nous entendons par famille de brevets un ensemble de brevets déposés dans divers pays pour protéger une invention unique.

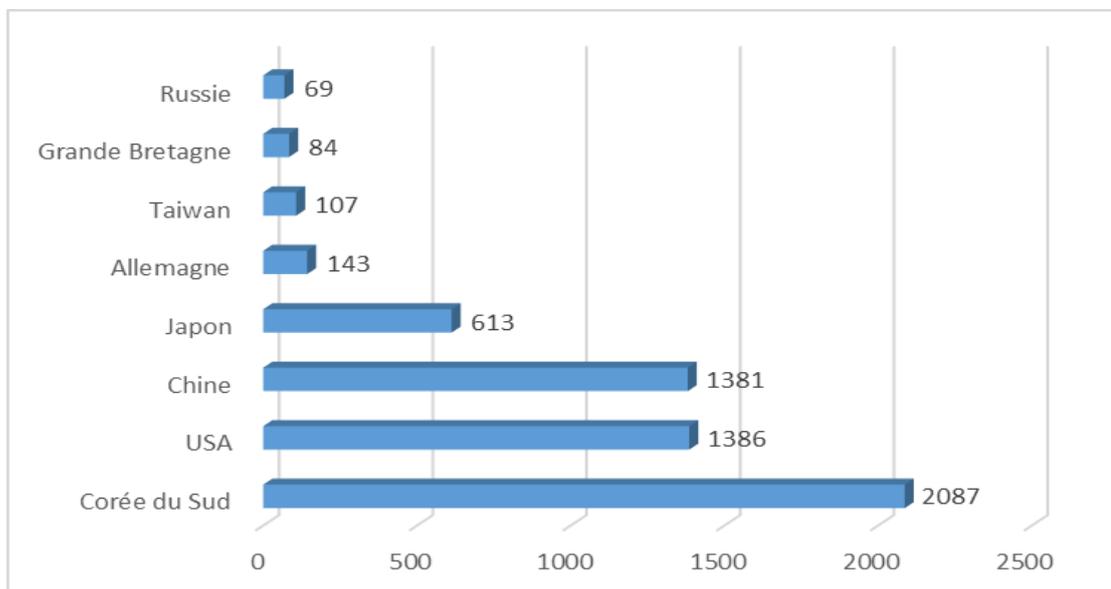
¹⁶ Cet analyse s'est basée sur l'outil SIPOC16 [27] pour identifier les familles de brevets ayant le plus grand impact dans les produits de consommation.

Figure 4 Répartition du nombre de brevets impliquant les nanoparticules d'argent selon les familles de brevets de 1980 à 2010 ; Source: [27]



La distribution géographique des brevets est présentée sur la Figure 5, la Corée du sud, les Etats Unis et la Chine étant les principaux pays déposant de brevets. Ce résultat est cohérent avec l'étude bibliométrique (voir chapitre 6).

Figure 5 Pays déposants le plus de familles de brevets de nanoparticules d'argent pour l'usage dans des produits commercialisables de 1980 à 2010 ; Source : [27]



L'entreprise Samsung est le principal déposant de brevets suivi de LG Electronics et Xerox, voir Figure 6.

Figure 6 Principales entreprises ou universités déposants de familles de brevets de nanoparticules d'argent pour l'usage dans des produits commercialisables de 1980 à 2010 ; Source : [27]

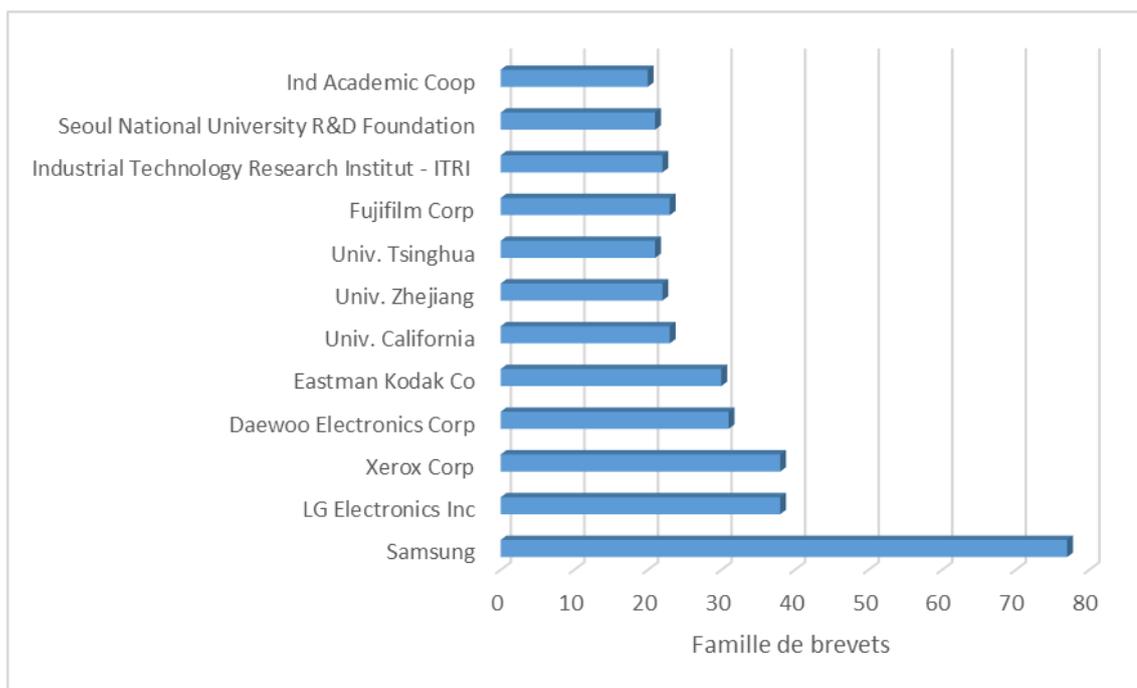
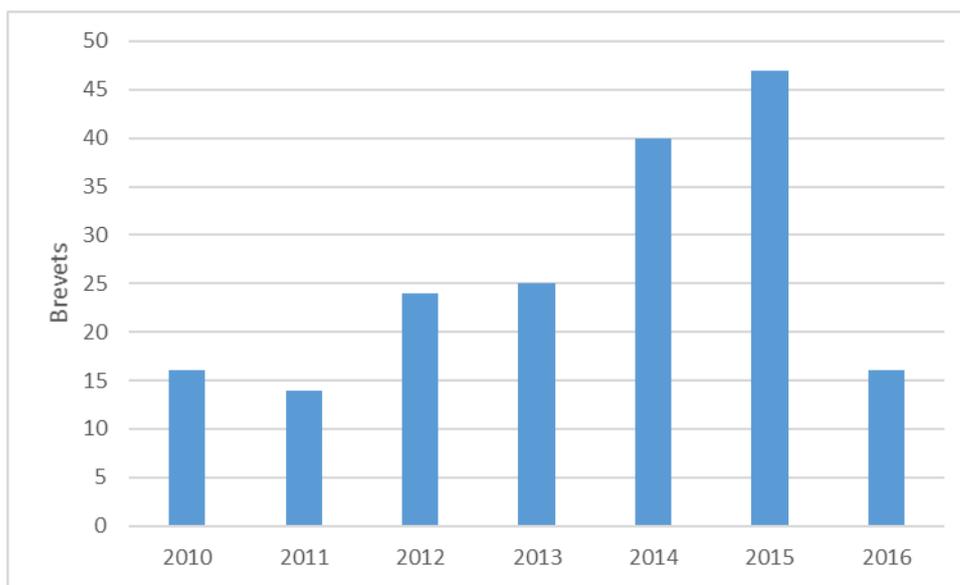


Tableau 13 Concentration des nanoparticules d'argent dans les produits de consommation selon leurs brevets ; Source: [28]

Concentration de trace (- 0,01 wt%)		Concentration faible (0,01-1wt%)		Concentration moyenne (0,01-10wt%)		Concentration haute (+ 10wt%)	
Produits	Intervalle wt%	Produits	Intervalle wt%	Produits	Intervalle wt%	Produits	Intervalle wt%
Aliments, boissons, et médicaments	0,000005-0,005	Détergent (produits ménagers)	0,00001-3	Serviette hygiénique	0,01-10	Soin personnel (pharmaceutique antimicrobienne, cosmétique et solution d'argent)	10-50
Masque faciale (cosmétiques et soins personnels)	0,0005-0,0015	Céramique, linoléum tuiles (matériaux)	0,005-0,25	Boutons d'ascenseur	0,01-10	Applications médicales	10-60
Crème (cosmétiques et soins personnels)	0,005-0,003	Hydrogel (application médicale)	0,007-0,3	Applications médicales (catheter, tube endotrachéale, et sous-cutanée central venous, port; pacemakers, valves cardiaques, prothétiques, prothèses articulaires, prothèses de voix, lentilles de contact, valve cardiaque, implant, petit ou temporaire des remplacements articulaires, dilatateur urinaire, dispositifs intra-utérins; aiguille, forcep, crochet de la peau, tubes, ciseau, râpe, instruments chirurgicaux, instruments dentaires, tube, intraveineux, tube de respiration, ligne d'eau dentaire, vidange dentaire, sonde d'alimentation, bandage, pansement, implant orthopédique)	0,01-10	Mousses capillaires	20-30
Soin des plaies (cosmétiques et soins personnels)	0,0005-0,04	Prothèse dentaire (application médicale)	0,01-5	Tissu déodorisant	0,01-12	Biocides, antimicrobiens, désinfectants, électronique, produits chimiques, encre conductrice d'argent, panneaux solaires et smart glass	20-80
Gel (cosmétiques et soins personnels)	0,001	Mousse (application médicale)	0,02-4	Cosmétiques et produits de soins (préparation liquide, émulsion, crème, gel, pulvérisation)	0,05-20	Suppositoires	30-50
Textiles (viscose non-tissé, laine régénérée, polyester, acrylique, polypropylène non-tissé)	0,001-0,06	Masque de coloration (application médicale)	0,00001-10	Bande de plâtre, gaze	0,01-50		
		Comprimé (application médicale)	0,0001-10	Textiles, fibre	0,01-50		

Afin de compléter les résultats de l'étude présentée précédemment [27], nous avons entrepris d'étudier des données plus récentes sur les brevets parus depuis 2010. Cette recherche s'est appuyée sur la base de brevets Espacenet [29] de l'Office européen des brevets qui répertorie 182 brevets entre 2010 et 2016 avec le mot-clé « silver nanoparticle », voir Figure 7.

Figure 7 Nombre de brevets de nano-argent de 2010 à juin 2016 ; Source: [29], date d'accès 19/07/2016.



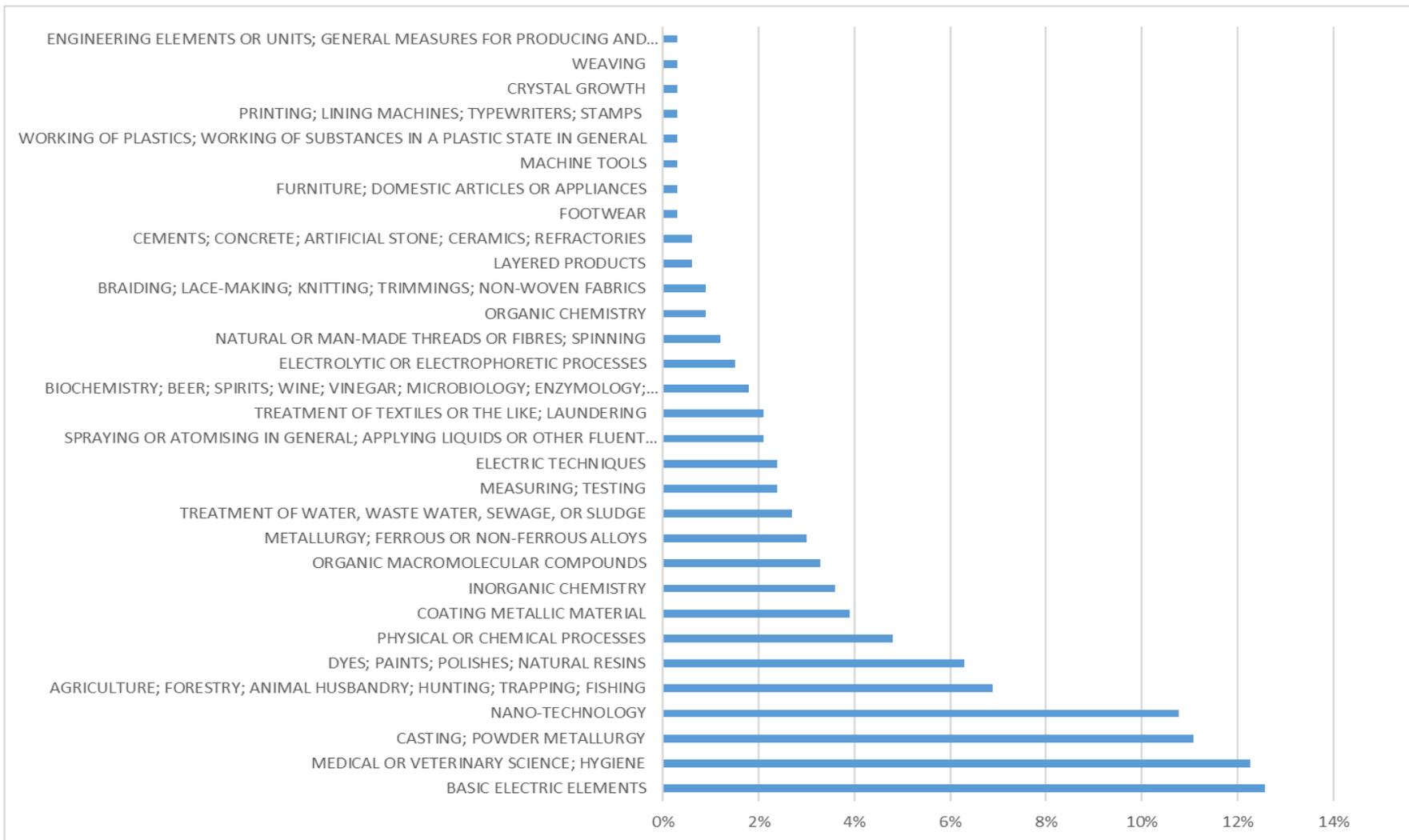
Les résultats font apparaître une reprise de l'augmentation des brevets à compter de 2012. La baisse de 2011 n'est pas explicable avec les données collectées.

La Figure 8 ci-dessous présente les résultats de cette actualisation et fait spécifiquement apparaître les catégories d'usage, selon la nomenclature internationale CIB¹⁷.

Il en ressort que les principaux secteurs d'applications concernent l'électronique, les applications médicales, l'agriculture, les procédés chimiques et les traitements des eaux usées et l'eau potable.

¹⁷ CIB : Classement internationale des brevets.

Figure 8 Classements selon nomenclature CIB de brevets de nano-argent de 2010 à juin 2016



6.1 COMPARAISON DES SECTEURS ECONOMIQUES DANS LES INVENTAIRES ET LES BREVETS DU NANO-ARGENT

Dans les inventaires de produits de consommation (cf. section 4), la catégorie prédominante dans deux cas est « santé et remise en forme » (SNCI et *Nanodatabase*). On constate également que les cosmétiques et produits de soins sont fortement représentés dans les inventaires (RIVM et ANEC/BEUC). Il en est de même pour l'analyse issue de la consultation des brevets.

Mais l'exploitation des brevets [27] fait aussi ressortir les « applications médicales » (40%), catégorie qui est faiblement représenté dans l'inventaire SNCI (4%).

Si on considère l'étude des brevets comme une vision des usages potentiels, trois autres catégories que celles citées ci-dessus ressortent : l'emballage (7%) ; la filtration de l'eau (3%) et les matériaux (1%).

Tableau 14 Comparaison de la distribution de catégories entre les inventaires et le dépose de famille de brevets

Inventaires et brevets de nano-argent/ Secteur économique	SNCI (USA)	RIVM (Pays bas)	ANEC/BEUC (Europe)	Nanodatabase (Danemark)	Brevets (1980-2010)
Santé et remise en forme	54%			63%	
Applications médicales	4%				40%
Electroménager	6%		33%		
Electronique	3%	23%		1%	6%
Cosmétiques et produits de soin personnel		24%	17%		32%
Textiles et chaussures/ Vêtements et textiles		27%	16%		Habillement / Textiles : 4%
Maison et jardin	11%		14%	14%	
Alimentation et boissons	10%		1%	11%	4%
Filtration de l'eau					3%
Emballage					7%
Matériaux					1%
Usages publics	2%				
Produits pour les enfants	2%		11%	5%	

Inventaires et brevets de nano-argent/ Secteur économique	SNCI (USA)	RIVM (Pays bas)	ANEC/BEUC (Europe)	Nanodatabase (Danemark)	Brevets (1980-2010)
Automobile			2%	1%	
Ameublement et produits de ménages		15%			3%
Filtration, purification		10%			
Produits transversaux			6%		

7. AUTRES METHODES D'IDENTIFICATION DES USAGES DES NANOPARTICULES

Dans l'objectif d'identifier et de cartographier les usages des nanoparticules d'argent cette section présente des approches complémentaires et qualitatives basées sur l'analyse bibliométrique¹⁸, et l'analyse de la presse anglaise.

A partir de la littérature scientifique (anglophone), ainsi que de la consultation d'articles parus dans la presse anglaise, nous avons cherché à étudier si les informations publiquement diffusées permettaient de modifier, ou à l'inverse de confirmer, les résultats des travaux des inventaires présentés précédemment. D'autres enseignements ont également pu être obtenus, notamment sur la dynamique de recherche actuelle portant sur le nano-argent.

7.1 ANALYSE BIBLIOMETRIQUE

7.1.1 RESULTATS GENERAUX

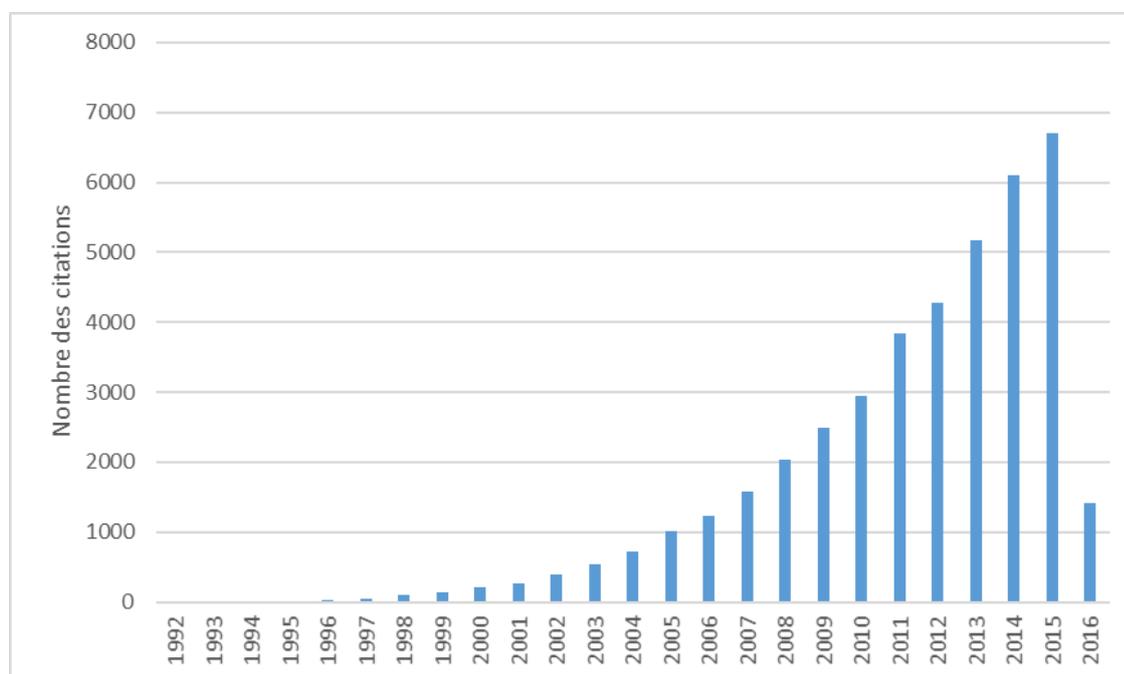
A partir de la base de données *Web of Science™ Core Collection*, nous avons obtenu 41 278 citations¹⁹ avec les mots-clés : *silver nanoparticle* et *nanosilver* entre 1992 et 2016.

Il apparaît une forte dynamique de croissance des travaux de recherche au cours des vingt dernières années (voir Figure 9). En 2015, 6 700 citations ont ainsi été identifiées avec les deux mots-clés sélectionnés.

¹⁸ L'analyse bibliométrique évalue l'impact de la recherche à différentes échelles : par une évaluation de la tendance, selon la situation géographique et la distribution des auteurs d'articles scientifiques. Il est en général défini comme l'application des mathématiques et des méthodes statistiques à l'évaluation de la recherche et sa production.

¹⁹ La date d'extraction de données est 06/04/2016. Une citation inclut le titre de l'article, les auteurs, la revue scientifique et l'abstract.

Figure 9 Evolution de la recherche sur les nanoparticules d'argent (1992-2016) ;
Source: [30]



Les auteurs sont associés principalement à des universités ou centres de recherche situés en Asie (48%), en Europe (21%) et aux Etats Unis (18%). La recherche française est associée à 3,5% des publications²⁰.

Tableau 15 Distribution géographique des publications scientifiques en lien avec les nanoparticules d'argent ; Source : [30]

Pays / Région	% / 41 278 citations
Asie	48,2 %
Chine	24,9 %
Inde	11,4 %
Corée du sud	6,7 %
Japon	5,1 %
Europe	21,4 %
Allemagne	5,0 %
France	3,5 %
Italie	2,8 %

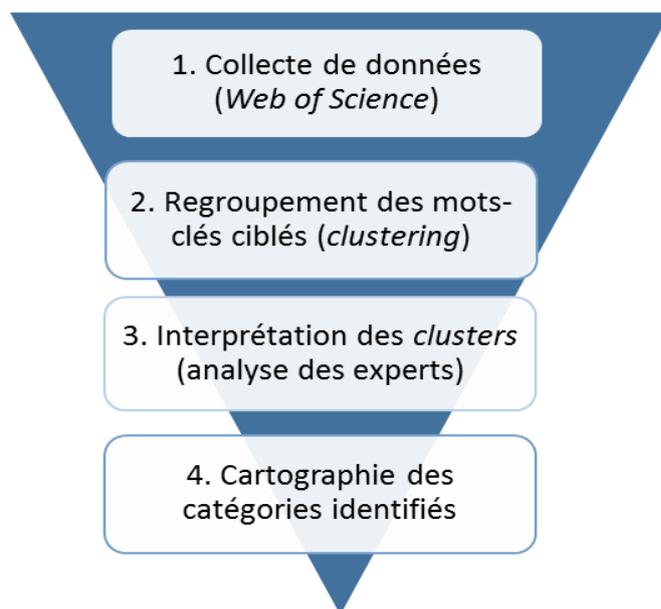
²⁰ Voir la distribution par région/pays dans Tableau 15 et la Figure 12 de l'Annexe 1.

Pays / Région	% / 41 278 citations
Espagne	2,7 %
Angleterre	2,7 %
Pologne	1,7 %
Suisse	1,1 %
Roumanie	1,0 %
République Tchèque	0,9 %
USA	17,8 %
Iran	3,4 %
Taiwan	3,1 %
Russie	2,6 %
Canada	2,2 %
Australie	1,8 %
Singapour	1,6 %
Brésil	1,5 %
Arabie Saoudite	1,3 %
Mexique	1,2 %
Malaysie	1,1 %
Egypte	1,0 %

7.1.2 ÉTUDE BIBLIOMETRIQUE

Cette étude bibliométrique vise à identifier les mots-clés qui pourraient faire référence aux usages des nanoparticules d'argent dans les produits de consommation pour la construction d'une cartographie des usages. Voir dans le Tableau 9 la démarche de recherche.

Figure 10 Démarche pour une cartographie des usages à partir de données bibliométriques



- *Collecte de données.* Sur 41 278 citations ont été identifiées, mais nous avons limité l'analyse bibliométrique aux 10 000 citations les plus récentes dans les revues scientifiques internationales avec comité de lecture de la base *Web of Science*.
- *Regroupement des mots-clés.* D'abord, par une analyse en composantes principales, nous identifions les termes (mots-clés) les plus représentatifs dans l'ensemble des 10 000 citations (termes se répétant plus de 100 fois²¹) : 509 mots-clés ont ainsi été identifiés²². Ensuite, parmi les mots-clés identifiés, les mots relatifs à la dénomination et la nomenclature du nano-argent sont éliminés, par exemple : ag nanoparticle, ag np, ag nps, silver nanoparticle, etc. ; 442 mots-clés étaient alors restants²³.
- *Analyse des experts.* Trois experts de l'INERIS travaillant communément sur des problématiques liées à l'étude des nanomatériaux ont été consultés pour établir six catégories : caractéristiques de nanoparticules d'argent, toxicologie et écotoxicologie, outils de caractérisation, potentielles applications de nanomatériaux, mots génériques, et mots sans identification. Le Tableau 16 synthétise les catégories avec le nombre de mots-clés et quelques exemples. La suite de l'étude permettra d'analyser les mots clés de la catégorie « applications potentielles des nanoparticules », et de la confronter aux résultats des inventaires.

²¹ Cet indicateur d'occurrence est variable et déterminé par les auteurs.

²² Voir la carte dans l'Annexe 1, Figure 13.

²³ Voir la carte dans l'Annexe 1, Figure 14.

Tableau 16 Clusters de mots-clés sur nanoparticules d'argent

Catégorie	Nombres de mots-clés	Exemples de mots-clés
Applications potentielles de nanoparticules	91	catalyst, coating, cotton fabric, drug, glass, food, energy, ascorbic acid (produits liés aux catalyseurs), biofilm, biomolécule, ag-cysteine (usage dans les hydrogels).
Outil de caractérisation	58	atomic force microscopy, energy dispersive x ray spectroscopy, plasmon resonance, thermogravimetric analysis.
Caractéristiques de nano-argent	31	antibacterial activity, antimicrobial activity, average size, conductivity, diameter, optical property, area, surface morphology.
Toxicologie et écotoxicologie	28	cancer cell, cell viability, cytotoxicity, reactive oxygen species, vitro.
Sans identification	9	Biocompatibility, deposition, green synthesis, incorporation.
Mots génériques non spécifiques	225	consumer product, concentration, measurement, parameter, performance
Total	442	

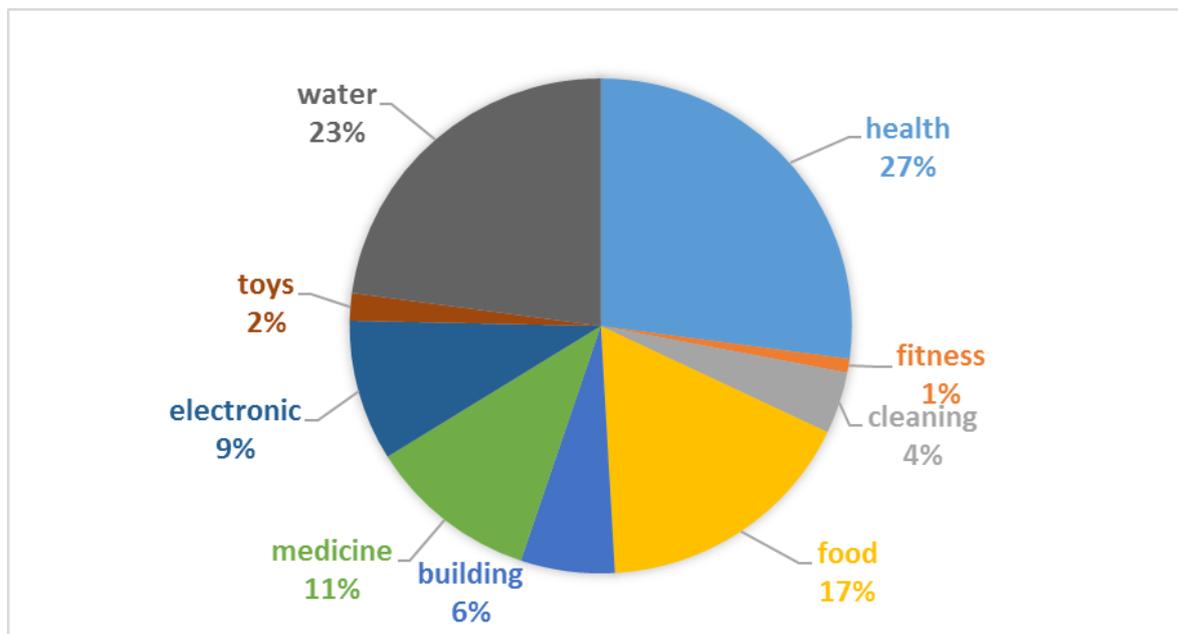
7.2 ANALYSE DE LA PRESSE INTERNATIONALE DE LANGUE ANGLAISE

Au-delà des seules revues scientifiques, il est possible de réaliser une étude à partir des publications « grand public », ceci afin de caractériser les formes de mobilisation et les sujets de préoccupation autour du nano-argent. Cette analyse peut également renseigner sur les usages, et leur connaissance par le grand public.

En se basant sur 446 articles de journaux répertoriés dans la base de données Nexis²⁴, nous avons évalué l'occurrence de chaque catégorie de l'inventaire CPI (cf. section 4.1.1) et le mot-clé « nanosilver ». Les résultats sont présentés dans la Figure 11 ci-dessous.

²⁴ Base de données www.nexis.com et date d'extraction des articles de journaux 27/04/2016.

Figure 11 Occurrence des catégories de l'inventaire CPI et le terme « nanosilver » dans les articles de journaux



Par ordre d'importance, les catégories d'usages sont donc la santé, l'eau, l'alimentation, le milieu médical, l'électronique et le bâtiment. Les jouets, les produits de nettoyage et le « fitness » constituent des applications plus marginalement représentées dans la presse à la différence des inventaires.

Si nous comparons, les catégories prédominantes dans la presse et la distribution dans l'inventaire SNCI, la principale divergence est le poids de la catégorie « sante et remise en forme », 54% dans le SNCI et 27% dans les articles de presse. Egalement la catégorie « alimentation » est plus représentée dans la presse (17%) que dans le SNCI (10%). Un sujet qui ressort dans la presse est le nano-argent dans le traitement de l'eau avec 23% des articles sur les sujets. Cet usage n'est pas représenté dans le SNCI.

8. CONCLUSIONS

L'étude des usages du nano-argent a permis d'identifier les principaux acteurs économiques et entreprises productrices et a permis de mettre en lumière la variabilité des estimations de production pour le marché mondial et européen.

Aujourd'hui les inventaires propres aux produits de consommation contenant du nano-argent sont les principales sources de données. Les inventaires divergent dans le nombre de catégories, les types de produits identifiés, la fréquence de collecte de données, le degré d'information disponible sur les entreprises productrices ainsi que sur la zone géographique analysée.

L'hétérogénéité dans la qualité des données collectées et les méthodes de collecte de données employées rendent délicates les comparaisons entre inventaires, mais on peut observer comme catégories prédominante « sante et remise en forme » (SNCI et *Nanodatabase*). Egalement les « cosmétiques et produits de soins personnels » sont fortement représentés (RIVM et ANEC/BEUC).

L'exploitation des brevets nous semble une approche intéressante pour collecter les données sur les usages futurs des nanoparticules d'argent et identifier les techniques de production.

En nous basant sur les inventaires et l'étude des brevets, les usages les plus représentatifs et les plus communément identifiés sont globalement liés aux applications médicales et paramédicales, aux cosmétiques et aux soins personnels. D'autres applications significatives sont les produits et emballages alimentaires, les produits pour la maison (y compris des produits d'entretien) et le jardin. Les nanoparticules d'argent apparaissent aussi des produits spécifiquement destinés aux enfants dans plusieurs inventaires.

Nous remarquons également une catégorie émergente propre à la filtration de l'eau, catégorie mal identifiée dans les inventaires.

Dans la recherche de méthodes complémentaires, nous avons exploré deux approches avec les résultats suivants :

- L'analyse bibliométrique montre l'augmentation de la recherche sur le nano-argent, la position dominante de l'Asie dans la production scientifique face aux pays européens. Egalement, nous présentons une approche permettant d'identifier les mots-clefs pertinents par analyse de clusters, approche qui permet d'identifier les potentielles applications d'un produit faisant l'objet de R&D, via une analyse systématique automatisée des articles scientifiques.
- L'analyse de la presse a permis de proposer également une vision des usages dans la sphère publique. Nous remarquons que des catégories spécifiques relatives à la santé, l'eau, l'alimentation sont plus représentées dans cette sphère que dans les inventaires.

Dans la perspective d'évaluer les bénéfices économiques des usages du nano-argent, et les mettre en relation avec les risques et les incertitudes (analyse coût-bénéfices), il conviendra de sélectionner un usage sur la base des informations qui ont été rassemblées dans ce rapport.

9. REFERENCES

- [1] ANSES, "AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'expertise concernant la mise à jour des connaissances sur "l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux liés à l'exposition aux nan," Maisons-Alfort, 2015.
- [2] OECD, "Dossier on silver nanoparticles - Part 1," Paris, 2016.
- [3] J. Pult-Prociak and M. Banach, "Silver nanoparticles – a material of the future ...?," *Open Chem.*, vol. 14, no. 1, pp. 76–91, 2016.
- [4] Barbara Savary, "Nanoargents: de la production à l'utilisation, quels sont les risques?," *Hygiène et sécurité du travail*, pp. 58–62, Mar-2015.
- [5] C. O. Hendren, X. Mesnard, and M. R. Wiesner, "Estimating Production Data for Five Engineered Nanomaterials As a Basis for Exposure Assessment," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 45, pp. 2562–2569, 2011.
- [6] B. Nowack, H. F. Krug, and M. Height, "120 Years of Nanosilver History: Implications for Policy Makers," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 45, no. 4, pp. 1177–1183, 2011.
- [7] A. A. Keller, S. McFerran, A. Lazareva, and S. Suh, "Global life cycle releases of engineered nanomaterials," *J. Nanoparticle Res.*, vol. 15, no. 1692, pp. 1–17, 2013.
- [8] Blue Nano, "Silver High Quality Nanowires/ Nanospheres/ Nanoporous," 2016. [Online]. Available: <http://www.bluenanoinc.com/nanomaterials/silver-nanomaterials.html>. [Accessed: 08-Jun-2016].
- [9] silverprice.org, "Silver price," 2016. [Online]. Available: <http://silverprice.org/silver-price-per-kilo.html>. [Accessed: 28-Jul-2016].
- [10] S. W. P. Wijnhoven, S. Dekkers, M. Kooi, W. P. Jongeneel, and W. H. De Jong, "Nanomaterials in consumer products Update of products on the European market in 2010," Bilthoven, 2011.
- [11] M. E. Vance, T. Kuiken, E. P. Vejerano, S. P. McGinnis, M. F. Hochella, D. Rejeski, and M. S. Hull, "Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory," *Beilstein J. Nanotechnol.*, vol. 6, pp. 1769–1780, 2015.
- [12] M. E. Vance, T. Kuiken, E. P. Vejerano, S. P. McGinnis, M. F. H. Jr., D. Rejeski, and M. S. Hull, "Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory," *Beilstein J. Nanotechnol.*, vol. 6, pp. 1769–1780, 2015.
- [13] Afsset, "Les nanomatériaux Evaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement," 2010.
- [14] E. Fauss, "The Silver Nanotechnology Commercial Inventory," 2008.

- [15] Danish Gouvernement, "Nanodatabase," 2016. [Online]. Available: <http://nanodb.dk/>. [Accessed: 31-May-2016].
- [16] S. Dekkers, L. C. H. Prud'homme De Lodder, R. de Winter, A. J. A. M. Sips, and W. H. de Jong, "Inventory of consumer products containing nanomaterials," Bilthoven, 2007.
- [17] S. W. P. Wijnhoven, W. J. G. M. Peijnenburg, C. A. Herberts, I. Hagens, A. G. Oomen, E. H. W. Heugens, B. Roszek, I. Gosens, D. Van De Meent, S. Dekkers, W. H. De Jong, M. Van Zijverden, A. J. A. M. Sips, R. E. Geertsma, S. W. P. Wijnhoven, W. J. G. M. Peijnenburg, C. A. Herberts, I. Hagens, A. G. Oomen, E. H. W. Heugens, B. Roszek, J. Bisschops, I. Gosens, D. Van De Meent, S. Dekkers, W. H. De Jong, M. Van Zijverden, and J. A. M. Adrienne, "Nano-silver - a review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk assessment," *Nanotoxicology*, vol. 3, no. 2, pp. 109–138, 2009.
- [18] S. Dekkers, C. de Heer, W. H. de Jong, A. J. A. M. Sips, J. G. M. van Engelen, and F. W. H. Kampers, "Nanomaterials in Consumer Products Availability on the European market and adequacy of the regulatory framework," 2006.
- [19] A. Kishimoto, T. Takai, and H. Wakamatsu, "Public Perception of Nanotechnologies in Japan from 2005 to 2009," 2010.
- [20] BEUC & ANEC, "How much nano do we buy?," 2010.
- [21] BEUC and ANEC, "ANEC/ BEUC inventory of products claiming to contain nano-silver particles available on the EU market," 2012. [Online]. Available: <http://www.beuc.eu/publications/2013-00141-01-e.xls>. [Accessed: 29-Jan-2016].
- [22] Ministère de l'Environnement de l'Energie et de la Mer, "Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire Rapport d'étude 2015," 2015.
- [23] Center for Food Safety, "Nano-Silver in Food and Food Contact Products," 2014. [Online]. Available: http://www.centerforfoodsafety.org/files/nano-silver_product_inventory-in-food-12514_66028.pdf. [Accessed: 03-Jun-2016].
- [24] R. J. B. Peters, H. Bouwmeester, S. Gottardo, V. Amenta, M. Arena, P. Brandhoff, H. J. P. Marvin, A. Mech, F. B. Moniz, L. Q. Pesudo, H. Rauscher, R. Schoonjans, A. K. Undas, M. V. Vettori, S. Weigel, and K. Aschberger, "Nanomaterials for products and application in agriculture, feed and food," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 54, pp. 155–164, 2016.
- [25] The Nanodatabase, "Sweden proposes national nano register," 2016. [Online]. Available: <http://nanodb.dk/en/news/sweden-proposes-national-nano-register/>. [Accessed: 03-Jun-2016].

- [26] Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle, "Rapport 2015 sur la propriété intellectuelle dans le monde Rapport 2015 sur la propriété intellectuelle dans le monde," Genève, 2015.
- [27] K. W. Lem, A. Choudhury, A. A. Lakhani, P. Kuyate, J. R. Haw, D. S. Lee, Z. Iqbal, and C. J. Brumlik, "Use of Nanosilver in Consumer Products," *Recent Pat. Nanotechnol.*, vol. 6, no. 1, pp. 60–72, Jan. 2012.
- [28] K. W. Lem, A. Choudhury, A. A. Lakhani, P. Kuyate, J. R. Haw, D. S. Lee, Z. Iqbal, and C. J. Brumlik, "Use of Nanosilver in Consumer Products," *Recent Pat. Nanotechnol.*, vol. 6, pp. 60–72, 2012.
- [29] Office européen des brevets, "Espacenet Recherche de brevets," 2016. [Online]. Available: https://worldwide.espacenet.com/?locale=fr_EP. [Accessed: 19-Jul-2016].
- [30] Thomson Reuters, "Web of Science," *Web of Science™ Core Collection*. [Online]. Available: <https://apps.webofknowledge.com>. [Accessed: 06-Apr-2016].
- [31] INERIS, "Données technico-économique sur les substances chimiques en France: Argent et Nano-argent," Verneuil-en-Halatte, 2014.
- [32] A. française de sécurité sanitaire des produits de Santé, "Evaluation biologique des dispositifs médicaux contenant des nanomatériaux," 2011.

10. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Entreprises produisant ou utilisant de nano-argent	49
Annexe 2	Cartes de l'analyse bibliométrique	54

Annexe 1 Entreprises produisant ou utilisant de nano-argent

Entreprises	Description	Localisation	Secteur économique
Cambrios*	Crée en 2002, fabricant de nanofils (nanowires) d'argent pour des appareils électroniques. Son principal produit est ClearOhm®, utilisé dans les écrans tactiles, e-paper, OLED, cellules photovoltaïques et couches minces (http://www.cambrios.com/).	California (USA) ; Taiwan ; Japon ; Corée.	Electronique
Agfa*	Groupe mondial présent dans les secteurs suivants : graphique, santé et impression (http://www.agfa.com/).	Siège à Mortsel (Belgique), présence dans 40 pays.	Santé, électronique
Carestream Advanced Materials*	Fabricant de revêtements aqueux et de solvants sur des substrats flexibles, avec une large gamme d'applications : films conducteurs, batteries, piles à combustible, hardcoats, display films (http://www.carestream.com/specials/adv-materials/index.html).	Oregon et Colorado (USA)	Electronique
Cima Nanotech*	Fabricant de films conducteurs transparents, propriétaire de la technologie SANTE® pour la production de grands écrans tactiles capacitifs projetés et d'antennes transparentes (http://www.cimananotech.com/).	Singapore, USA, Chine, Japon, Corée, Israël.	Santé, électronique
PolyIC*	Le groupe Kurz détient 100% de PolyIC. Sa marque PolyTC® est utilisée dans les écrans et commandes tactiles et les films transparents conducteurs (http://www.polyic.com/).	Fürth (Allemagne)	Electronique
Ferro*	Son produit Nano Argent 7000-95 est utilisé dans les écrans souples et imprimés et circuits flexibles (www.ferro.com).	Siège à Cleveland, Ohio (USA), présence dans 26 pays.	Santé, électronique
Blue Nano*	Fabricant de nanomatériaux depuis 2007, Blue Nano mets l'accent sur les technologies propres et de l'énergie (http://www.bluenanoinc.com/).	Charlotte, North Carolina (USA) ; Chine, Belgique, Japon.	Electronique, énergie,
Saint-Gobain*	Le groupe a une grande gamme de produits contenant des nanoparticules. Son produit SGG Nanosilver est un verre de contrôle solaire destiné à des constructions écologiques et ayant des propriétés d'isolation thermique (http://www.saint-gobain.com).	Siège à Courbevoie, France.	Energie, isolation, bâtiment
Sigma-Aldrich*	Le groupe propose divers produits avec des propriétés optiques, électriques et	Saint-Quentin	Electronique,

Entreprises	Description	Localisation	Secteur économique
	thermiques (http://www.sigmaaldrich.com/materials-science/nanomaterials/silver-nanoparticles.html)	Fallavier, France	cosmétiques, impression, applications optiques
Suzhou NanoGrid Technology (NGT)*	Entreprise chinoise créée en 2011, a ouvert en 2013 Nanopolis Suzhou Co. Ltd. une joint-venture de recherche gouvernementale pour accompagner le développement et la commercialisation de nanotechnologies. Le nano-argent est développé par Suzhou Tiny Sanjia Ionic Silver comme nouveau matériel d'encre nano-argent pour téléphone mobile et PC (http://www.sunagrid.com/).	Chine	Electronique
NanoOpto Corporation/ Sumitomo Metals and Mining*	Depuis 2007, le joint-venture NanoOpto et Sumitomo Metal Mining développe de nouveaux composants de télécommunications intégrés, isolateurs optiques emballés et des filtres optiques, technologie WDM (http://www.nanoopto.com/ et http://www.smm.co.jp/).	Japon	Electronique
Ames Goldsmith Corporation*	Fournisseur majeur de produits à base de nano-argent pour les imprimés électroniques, la fabrication de catalyseur, la photographie et les industries des soins et santé (http://www.amesgoldsmith.com/).	Siège à New York (USA)	Electronique
Creative Technology Solutions Co. Ltd. (CTS)*	Créée en 1996, l'entreprise fournit des composants et pièces pour équipements électroniques, automobile, produits audio visuels, de construction, et d'autres composants industriels (http://www.ctsgroups.asia/).	Thaïlande	Equipement, électronique
Bayer MaterialScience AG.*	Son produit BayInk® est une nanoparticule d'argent permettant d'améliorer la conductivité électrique des encres.	Siège à Leverkusen (Allemagne)	Electronique
NanoMas Technologies Inc.*	Créée en 2006, cette start-up américaine produit du nano-argent pour une utilisation dans les transistors, les conducteurs et semi-conducteurs. En 2008, BASF investit dans NanoMas pour renforcer son activité dans l'impression électronique.	New York (USA)	Impression, électronique
Nano Silver Manufacturing Sdn Bhd (NSM)*	Créée en 2004, ce groupe travaille dans le domaine des produits agro-industriels, l'élevage (volaille) et le traitement de l'eau. Son produit SilverSol™ est utilisé dans le traitement de l'eau par charbon actif.	Malaisie	Agro-alimentaire, traitement d'eau
NaBond	Entreprise des produits chimiques spécialisés dans la commercialisation de	Shenzhen, Chine	Commercialisati

Entreprises	Description	Localisation	Secteur économique
Technologies Co.*	nanomatériaux. Créée en 2001, NaBond exporte et importe des nanoparticules, équipements, système d'air anti-pollution (http://www.nabond.com/).		on (export/improt)
NovaCentrix*	Fabricant de matériels et d'équipements. Ses produits concernent la technologie de durcissement photonique, les matériaux nano-énergétique et des applications antivirales et microbiennes. Par exemple, ses encres conductrices permettent l'impression à grande vitesse de circuits électroniques sur papier ou en plastique. (http://www.novacentrix.com/).	Texas, USA	Equipment et matériaux
Advanced Nano Products Co. Ltd. (ANP)*	Son produit Nano Silver Ink est appliqué aux méthodes d'impression classiques et nouvelles telles que la sérigraphie, l'héliogravure et la flexographie.	Corée du sud	Impression
Dow Chemical*	Société multinationale américaine, propriétaire de SILVADUR™, produit antimicrobien utilisé dans les vêtements, uniformes, textiles de maison et tissus industriels (http://www.dow.com/silvadur/).	Siège à Michigan (USA), présence mondiale.	Textile
SILVIX Co. Ltd.*	Créée en 2004, elle est productrice de nanocomposites antibactériennes à base de nano-argent (http://silvix.koreasme.com/).	Corée du sud	Textile
PEN Inc.*	En 2014, Nano Holding Inc. et Applied Nanotech Holdings Inc. fusionnent pour créer PEN Inc., une société cotée en bourse dont le portefeuille de produits comprend des nanocomposites et des films à base de plastique.	Florida (USA)	Santé, électronique, transport
Smith & Nephew**/***	Groupe mondiale présente dans plus de 90 pays. Producteur de pansement antimicrobien utilisant la technologie Acticoat®, nanoparticules d'argent métallique.	Canada	Domaine médical
Johnson & Johnson**	Le groupe dans son division Ethicon a développé la Actisorb Silver® utilisé dans la chirurgie.	Sièges d'Ethicon à New Jersey et Ohio (USA)	Domaine médical
Argentum Medical**	Fabriquant de produits chirurgicaux avec la technologie Silverlon®	Illinois (USA)	Domaine médical
Beiersdorf**	Sous la marque Hansaplast®, le nano-argent est utilisé comme antiseptique (http://int.hansaplast.com/Products/universal-antibacterial)	Siège à Hambourg, Allemagne	Domaine médical
Applied Nanosciences***	Fabriquant spécialisé dans les applications de filtration d'air, La technologie NanoFense™ a des propriétés antimicrobiennes. Exemple de produits ; masque	Californie, USA	Domaine médical

Entreprises	Description	Localisation	Secteur économique
	chirurgical filtrant des virus grippaux		
Scoutburg***	Fabriquant de masque chirurgical avec de fibres de nano-argent.	Taiwan	Domaine médical
Hyosung***	Fabriquant de textile à effet antimicrobien permanent (Mipan® Magic Silver Nano).	Corée	Domaine médicale
Polartec**	Fabriquant de textiles contenant les technologies Polartec®, Power Dry®, utilisé dans les chaussettes, tenue de sport et baskets	Lawrence, Massachusetts, USA	Textile
Patagonia**	Fabriquant de textiles utilise la technologie Polygiene® comme antiodeur.	Californie, USA.	Textile
R.STAT**	Fabriquant de solutions sur mesure pour la sécurité, la santé et la résistance à la chaleur dans les textiles avec la technologie SilverSTAT®.	Saint Jean Bonnefonds - France	Textile
Philips**	Utilisateur de nano-argent dans les produits de soins personnels pour la protection antimicrobienne.	Siège à Amsterdam, Pays Bas	Hygiène
Valera**	Spécialisée dans les appareils pour les soins des cheveux. L'entreprise utilise le nano-argent dans le traitement antibactérien.	Ligornetto, Suisse	Hygiène
Skybright**	Fabriquant d'argent colloïdal pour utilisation dans les cosmétiques, produits de soins personnels.	Nouvelle Zélande	Hygiène
Tacony Corporation**	Sous la marque Simplicity, l'entreprise fabrique des électroménagers avec des filtre d'air au nano-argent, ses produits phares sont les aspirateurs et purificateur d'air pour la maison. (http://simplicityvac.com/)	St. James, Missouri, USA.	Hygiène
Toto**	Premier producteur japonais de produits sanitaires, toilettes et sièges.	Japon	Hygiène
Engineered nanoProducts**	Revêtement de surface d'acier inoxydable pour équipement médicaux, industries agro-alimentaires ou pharmaceutiques	Allemagne	Hygiène Désinfection des surfaces
Samsung Electronics**	Samsung a développé la technologie Silver Nano Health System™ utilisé dans les machines à laver (technologie SilverWash®), réfrigérateur, climatisation, ordinateur et PDA (technologie SilverNano®)	Corée du sud	Électroménager, équipement électronique.

Entreprises	Description	Localisation	Secteur économique
Sharp**	Utilisation de nano-argent dans les électroménagers : machine à laver, réfrigérateur.	Japon	Électroménager
Inframat*	Société fondée en 1996 pour développer des matériaux nanostructurés pour améliorer les performances et prolonger la durée de vie des composants revêtus (http://www.inframat.com/).	Connecticut, USA	Fabrication des matériaux
SkySpring Nanomaterials Inc*	Fabriquant de nanoparticules, nanopoudres, poudres micrométriques pour la recherche et groupes industriels (http://www.ssnano.com/).	Houston, USA	Fabrication des matériaux
Plasmachem GmbH*	Crée en 1993, fabriquant and développeur de méthodes de production de nanomatériaux, travaille en coopération avec l'Université Humboldt à Berlin ().	Berlin, Allemagne	Fabrication des matériaux, domaine médicale
Sun Innovations*	Société crée en 1998, développer et fabriquant de matériel d'impression grand format. Son principal produit est l'imprimante UV-LED. Leur technologie NANOiNK est pionnier dans le domaine de l'impression.	Californie, USA	Electronique
Hitachi Chemical**	L'entreprise finance le <i>Hitachi Chemical Research Center</i> en Californie pour le développement de nanotechnologies liées aux applications médicales. L'entreprise utilise le nano-argent dans les électroménagers, ex : lave-vaisselle.	Japon	Électroménager

Source: [3], [31], [32], sites web des entreprises. Notes : *Entreprise identifiée dans l'étude [3] ; **Entreprise identifiée dans l'étude INERIS [31] ; *** Entreprise identifié dans l'étude Afssaps [32].

