ORDIMIP
Technoparc bâtiment 9
Voie Occitane
BP 669
31 319 Labège Cedex
05.61.39.12.75
ordimip@ordimip.com

Toulouse, 20 octobre 2009

Les nanoparticules dans les déchets : un chantier à ouvrir

« Le savoir : un préalable à la gestion »

SOMMAIRE

PREAMBULE....3
1 INTRODUCTION....3
2 DIFFICULTE POUR IDENTIFIER DES PRODUCTEURS DE DECHETS CONTENANT DES NANOPARTICULES. RETOUR D'EXPERIENCE EN MIDI-PYRENEES....4
2.1 Emergence des nanoparticules dans les produits de grande consommation....4
2.2 Les professionnels....4
2.2.3 Les laboratoires....4
2.2.4 Les professionnels industriels....6
3 AU MOINS TROIS ENJEUX ESSENTIELS ET PRIORITAIRES....9
4 QUELQUES ELEMENTS TECHNIQUES D'ILLUSTRATION....11
4.1 Caractérisation des déchets....11
4.2 Les filières d'élimination actuelles sont-elles adaptées à un traitement sans risque des nanomatériaux ?....11
5 ET MAINTENANT ?....14
ANNEXE 1 : GLOSSAIRE....17
ANNEXE 2 : LES DIFFÉRENTES FAMILLES DE NANOPARTICULES....18
1. Nano-objets....18
2. Nanomatériaux....19

ANNEXE 3 : LISTE DE PRODUITS COMMERCIALISÉS SUR LE TERRITOIRE NATIONAL COMPORTANT DES NANOPARTICULES (INVENTAIRE NON EXHAUSTIF DES PRODUITS DE CONSOMMATIONS) 20
ANNEXE 4 : MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA CONCEPTION DE L'ENQUÊTE 24
ANNEXE 5 : POINT SUR LES RECHERCHES EN COURS AU LISBP - TRAITEMENT DES EFFLUENTS 25
ANNEXE 6 : QUELQUES DÉFINITIONS 26

PREAMBULE

L'objet social de l'ORDIMIP (Observatoire des Déchets Industriels en Midi-Pyrénées) (www.ordmip.com), qui est synthétiquement l'amélioration de la gestion des déchets des activités économiques de la région Midi-Pyrénées, ne lui permet pas de prendre position, d'un point de vue éthique, sur un problème aussi complexe que celui des nanotechnologies. L'Ethique, qui nous renvoie à la notion de Morale, doit être édictée par la Société dans son ensemble et non par une entité isolée telle que l'ORDIMIP dont l'objet social reste restreint à une toute petite partie du problème.

Cependant, l'Observatoire souhaite se positionner sur la gestion des déchets des nanorecherches et des nanotechnologies car cette problématique entre pleinement dans son champ de compétences.

Les enjeux principaux dans le cadre de ce travail sont les risques sanitaires, environnementaux et accidentels. Cependant, pour rester cohérent avec son objet, l'Observatoire se concentrera sur les enjeux spécifiques relatifs à la meilleure gestion possible des déchets contenant des nanoparticules.

1 INTRODUCTION

La définition européenne retenue pour les nanoparticules est la suivante :

> *« En l'absence d'une terminologie consensuelle à l'échelle internationale, le terme générique « nano-objet » désigne, dans l'ensemble du code de bonne conduite, les produits issus de la recherche en nanosciences et nanotechnologies. Il couvre les nanoparticules et leur agrégation à l'échelle nanométrique, les nanosystèmes, les nanomatériaux, les matériaux nanostructurés et les nanoproduits ».*
>
> Recommandation de la commission du 7 février 2008
> concernant un code de bonne conduite pour une recherche responsable
> en nanosciences et nanotechnologies
> notifiée sous le numéro C(2008) 424(2008/345/CE)

La définition utilisée par le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie est la suivante :

> *« Un nanomatériau est composé ou constitué de nano-objets, dont la taille est comprise entre 1 et 100 nanomètres, qui présentent des propriétés spécifiques de l'échelle nanométrique. »*

Une note, jointe en ANNEXE 2, reprend en détail les différentes familles de nanoparticules.

L'ORDIMIP se pose aujourd'hui la question des déchets provenant des nanorecherches et des nanotechnologies car aucune réglementation, européenne ou française, ne tient compte de la spécificité de ces déchets. Par ailleurs, les débats actuels sur les nanotechnologies ne prennent pas en considération les déchets générés durant tout le cycle de vie des produits, du stade de la fabrication à leur fin de vie. L'adéquation des traitements actuels des déchets aux nanoproduits reste aussi à démontrer. Enfin, le Plan Régional d'Elimination des Déchets Dangereux de Midi-Pyrénées présente des lacunes sur ce point particulier, les déchets des nanorecherches et des nanotechnologies n'étant pas identifiés ni quantifiés.

Le périmètre du questionnement de l'Observatoire sera cependant limité aux déchets identifiables et quantifiables produits lors de nanorecherches, au cours de la fabrication de nanomatériaux, ou encore en fin de vie des produits. Les membres de l'Observatoire sont cependant conscients que des déchets contenant des nanoparticules peuvent aussi être produits

de façon induite (lessivage de peintures, ponçages de matériaux composites, perçage de bétons,…) mais les outils et méthodes actuels ne permettent pas de les quantifier aujourd'hui.

L'Observatoire s'intéressera aux déchets solides mais également aux déchets liquides et pâteux.

2 DIFFICULTE POUR IDENTIFIER DES PRODUCTEURS DE DECHETS CONTENANT DES NANOPARTICULES. RETOUR D'EXPERIENCE EN MIDI-PYRENEES

2.1 Emergence des nanoparticules dans les produits de grande consommation

Notre société de consommation est marquée par des progrès scientifiques rapides. Ces progrès, combinés à l'application accélérée des découvertes scientifiques impliquent des changements fréquents dans nos produits de consommation. Certains produits techniquement complexes peuvent poser des problèmes potentiels pour la santé et l'environnement.

Après plus de vingt ans de recherches fondamentales et appliquées, les nanotechnologies sont aujourd'hui de plus en plus présentes dans les produits commerciaux. Des nanomatériaux sont maintenant utilisés dans des applications diverses, notamment l'électronique, les cosmétiques, le textile, les produits automobiles, médicaux, agro-alimentaires…

Néanmoins, il est difficile de savoir combien de produits de consommation sur le marché sont concernés et quelles molécules ou nanoparticules sont impliquées. En effet, plusieurs obstacles viennent rendre difficile la création d'une liste exhaustive :

- La non obligation actuelle de mentionner sur l'étiquette l'utilisation de composés sous forme nanométrique ;
- L'absence d'obligation de déclaration des fabricants effective à ce jour ;
- L'apparition constante de nouveaux produits concernés et la disparition d'anciens.

L'ORDIMIP a tout de même réalisé une liste non exhaustive des principaux produits commercialisés en France à ce jour contenant des nanoparticules (ANNEXE 3).

2.2 Les professionnels

Au premier semestre 2009, l'ORDIMIP a diligenté une enquête auprès de laboratoires de recherche et d'industriels régionaux, afin d'obtenir une première image de la situation des déchets contenant des nanoparticules en région Midi-Pyrénées.
Les objectifs de l'enquête sont les suivants :

- déterminer les acteurs des nanotechnologies (laboratoires de recherche et industriels),
- quantifier les flux de déchets,
- identifier les modes de traitement ou d'élimination utilisés actuellement par ces acteurs.

Le détail de la méthodologie utilisée pour établir l'enquête se trouve en ANNEXE 4.

2.2.3 Les laboratoires

La région Midi-Pyrénées, à travers la ville de Toulouse, au même titre que les régions Rhône-Alpes et Île-de-France à travers les villes de Grenoble et Saclay, a été retenue comme grand centre d'intégration des nanotechnologies dans le plan national Nano-Innov.

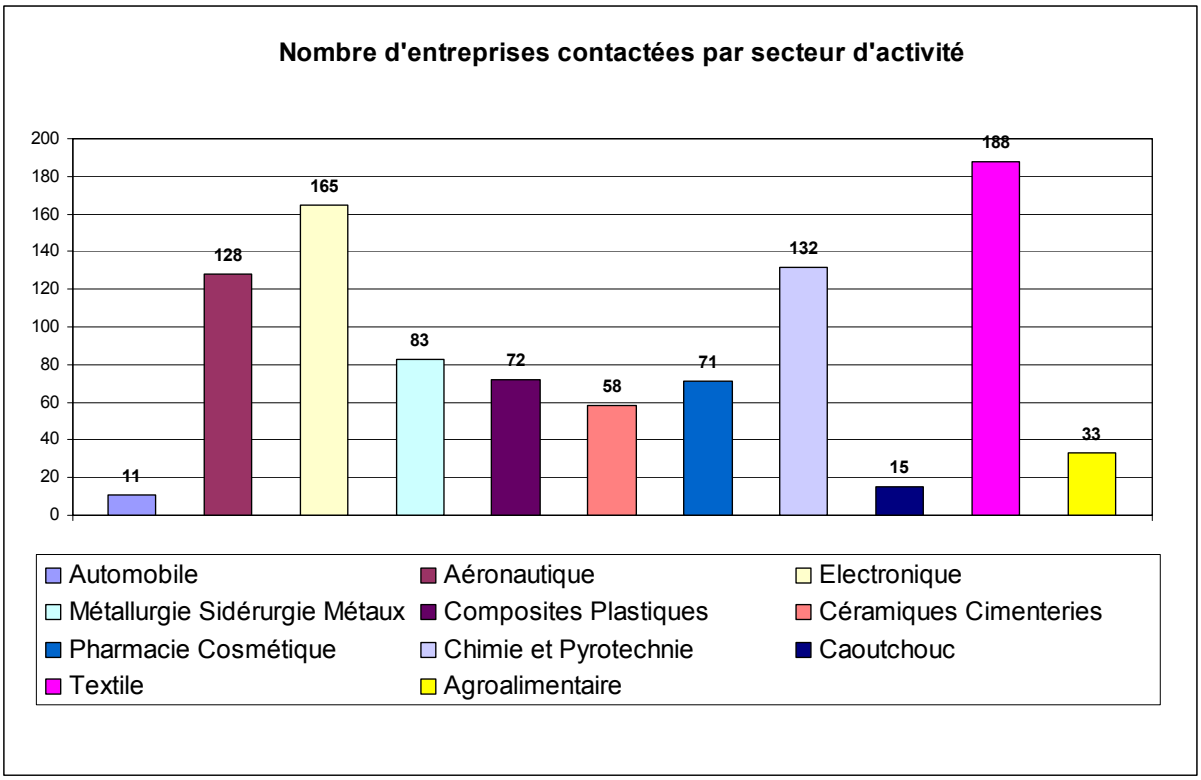
Cette décision reconnaît l'implication de la région Midi Pyrénées, et plus particulièrement de Toulouse dans la recherche sur les nanosciences. En effet, la région possède une trentaine de laboratoires publics et centres de recherches privés impliqués, dont la liste est présentée ci-après. Ces laboratoires travaillent sur des domaines divers, depuis la création de nanomatériaux jusqu'à la conception de logiciels d'aide à la conception, en passant par l'étude des risques toxicologiques et écotoxicologiques.

Acronyme	Nom du laboratoire
CEMES	Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales
CIRIMAT - L2P	Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux - laboratoire de Physique des Polymères
CIRIMAT - LCMIE	Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux - laboratoire de Chimie des Matériaux Inorganiques et Énergétiques
CIRIMAT- INPT	Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux - laboratoire Interfaces et Matériaux
CNES	Centre National d'Études Spatiales
ECOLAB	EcoLab – Laboratoire d'écologie fonctionnelle
ENSTIMAC - RAPSODEE	École Nationale Supérieure des Techniques Industrielles et des Mines d'Albi Carmaux - Centre de Recherche d'Albi en génie des Procédés des Solides Divisés, de l'Énergie et de l'Environnement
IMRCP	Interactions Moléculaires et Réactivité Chimique et Photochimique
ICA	Institut Clément Ader
IRPF	Institut de recherche Pierre Fabre
IPBS	Institut de Pharmacologie et de Biologie Structurale
LAAS	Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes
LAPLACE	Laboratoire Plasma et Conversion d'Énergie
LCA	Laboratoire de Chimie Agro-industrielle
LCAR	Laboratoire Collisions Agrégats Réactivité
LCC	Laboratoire de Chimie de Coordination
LCPQ	Laboratoire de Chimie et Physique Quantiques
LGC	Laboratoire de Génie Chimique
LGMT Équipe "Composites"	Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse
LISBP	Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés
LMDC	Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions
LNCMP	Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses
LPCNO	Laboratoire de Physique et Chimie de Nano-Objets
LPT-IRSAMC	Laboratoire de Physique Théorique - Institut de Recherche sur les Systèmes Atomiques et Moléculaires Complexes
ONERA	Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales
Sanofi-aventis	
SPCMIB	Synthèse et Physico-Chimie de Molécules d'Intérêt Biologique

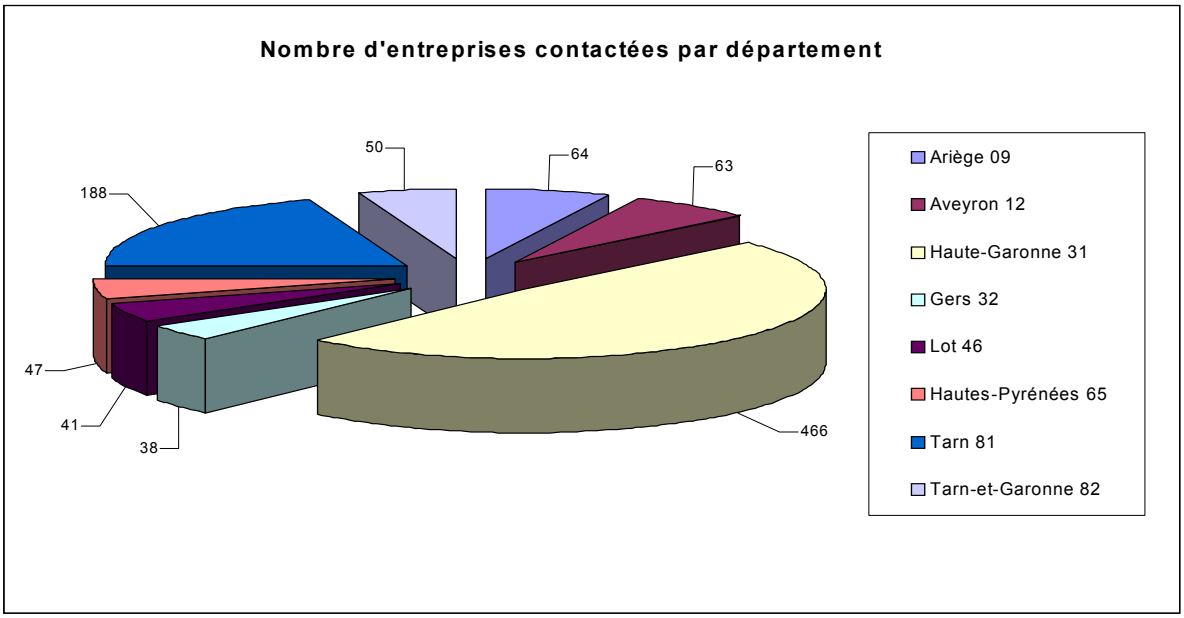
Dans le cadre de l'enquête ORDIMIP, parmi les laboratoires de cette liste, seuls quatre ont répondu et ont déclaré produire des déchets contenant des nanoparticules.

2.2.4 Les professionnels industriels

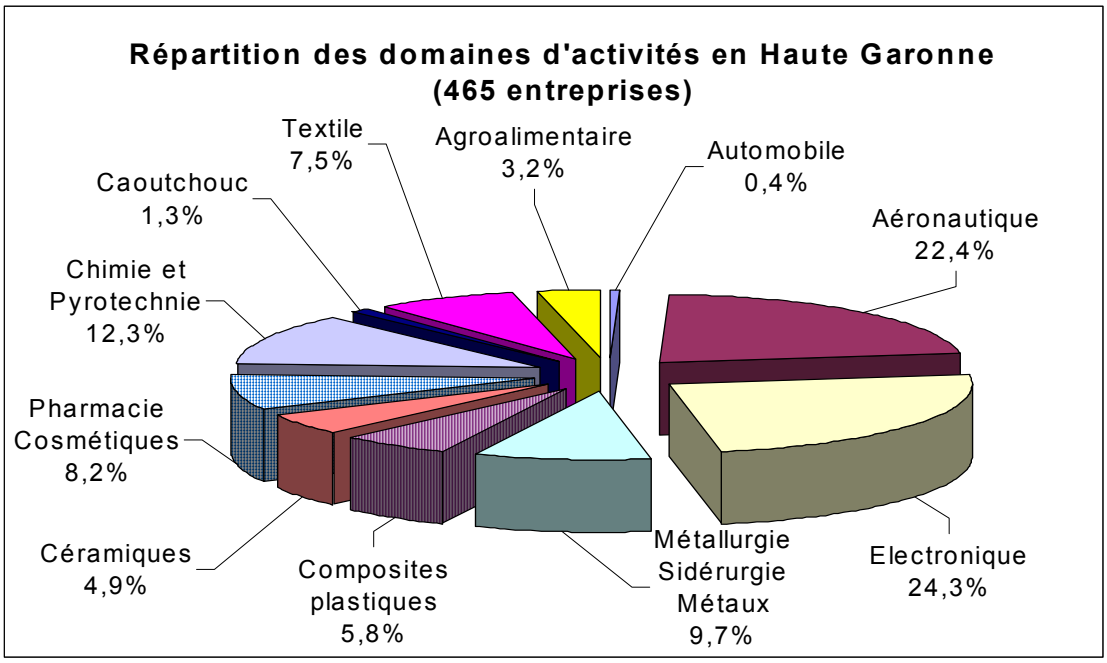
Les nanotechnologies étant utilisées dans de nombreux secteurs d'activité, l'enquête ORDIMIP a visé près de 900 entreprises de Midi-Pyrénées. L'histogramme ci-après présente la répartition de ces entreprises par secteur d'activité.



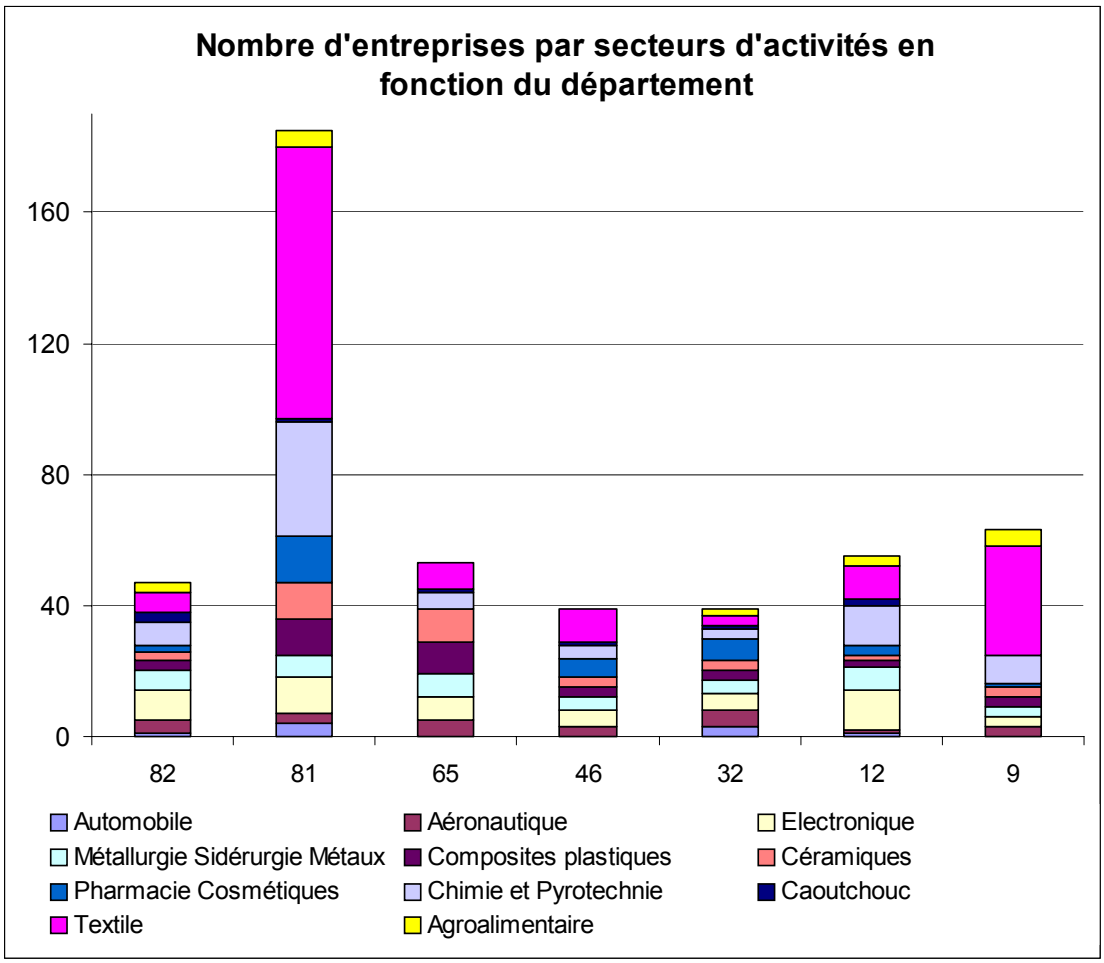
Concernant la répartition géographique des entreprises, deux départements prédominent, la Haute-Garonne et le Tarn.



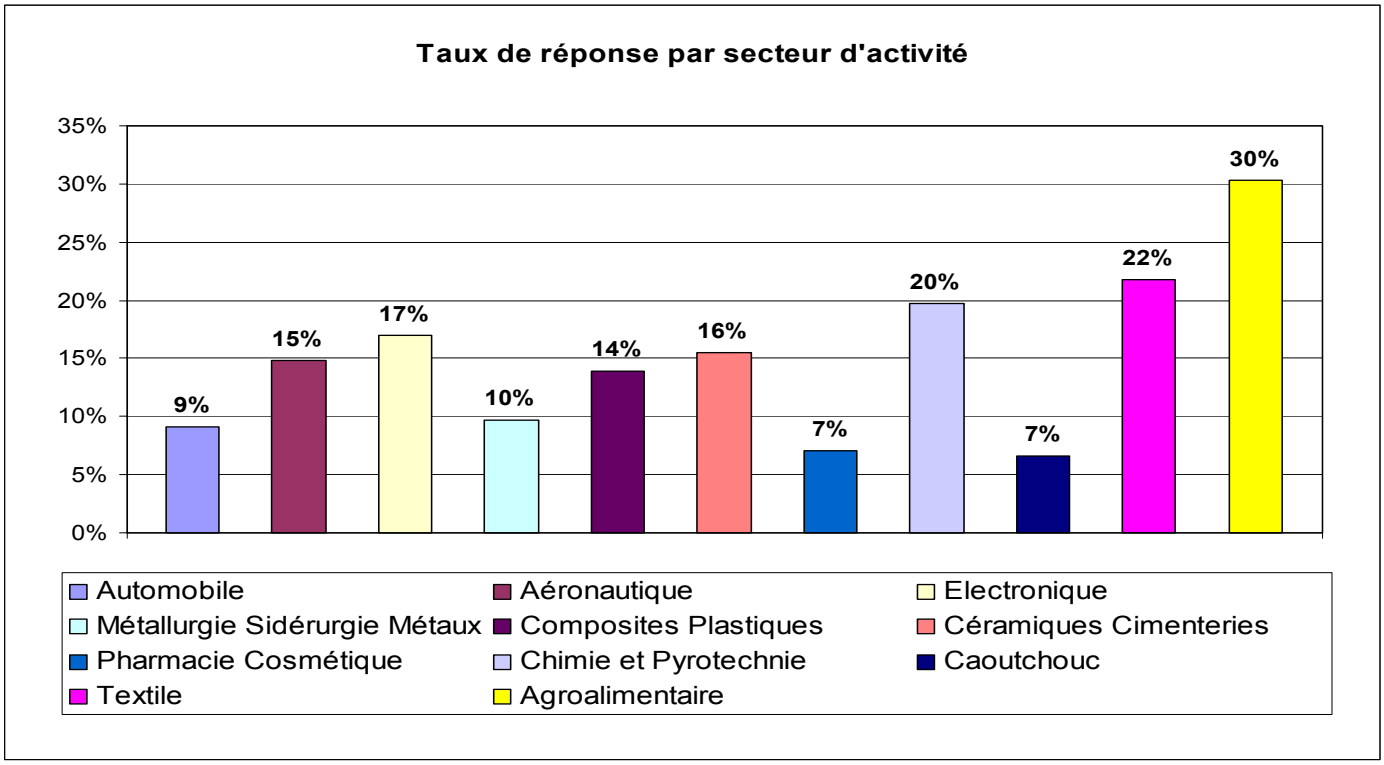
Chaque secteur d'activité est plus ou moins bien représenté par département. La Haute-Garonne est, bien entendu, le département le mieux représenté dans tous les domaines, notamment dans l'aéronautique, l'électronique, chimie et pyrotechnie…



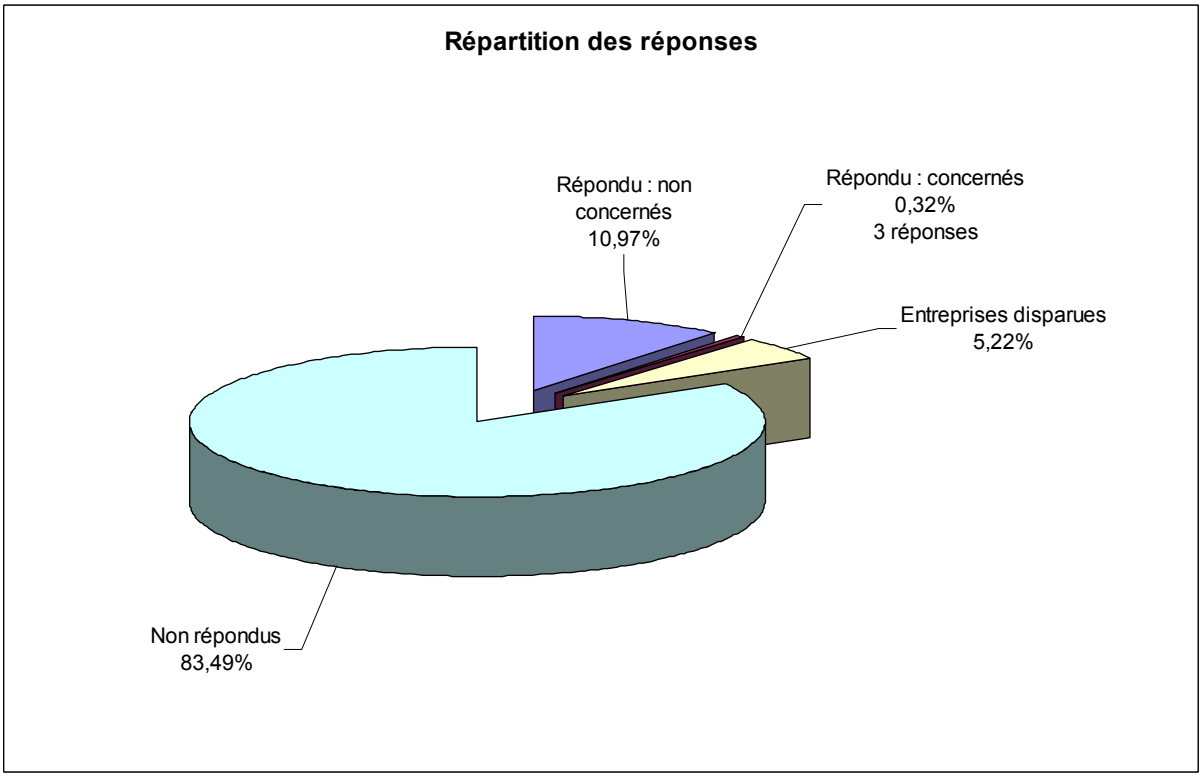
Pour les autres départements les activités sont représentées comme suit :



Le taux de réponse à cette enquête est de 16%, répartis comme illustré par la figure suivante :



La répartition des réponses globales se fait comme suit :



Les trois entreprises ayant répondu être concernées par des produits contenant des nanoparticules appartiennent aux secteurs d'activité suivants :

- Chimie et pyrotechnie
- Composites plastiques
- Pharmacie cosmétique

Le faible taux de réponse sur les enquêtes auprès des laboratoires et des entreprises a permis de mettre en avant plusieurs points :

- Les collecteurs de déchets privés ou publics ne différencient pas la collecte en fonction de la taille des particules. Un des laboratoires contactés stocke toute sa production de déchets car il considère que le collecteur et l'éliminateur n'ont pas, aujourd'hui, de réponse adaptée à ce déchet.

- Les personnes enquêtées étaient peu ou pas informées et donc peu concernées, même s'il s'agissait des responsables Qualité Hygiène Sécurité Environnement. Ceci traduit un manque important d'information y compris dans les milieux qui devraient être sensibles au risque sanitaire. Un étiquetage permettrait un premier niveau d'information des personnels et publics en contact avec des produits contenants des nanoparticules.

- Certaines entreprises ont avancé l'argument du secret industriel pour ne pas donner d'information concernant leurs déchets. Ceci devrait pouvoir être contourné par l'obligation de déclaration prévue dans la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, publiée au JO du 05/08/2009.
  (http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548&dateTexte=&categorieLien=id)

- Le problème d'identification des personnes ou d'organismes ressources, pour ceux qui voudraient s'informer, est clairement soulevé.

- La prise en compte de la spécificité de ces déchets est absente de la réglementation.

Notons que ces résultats soulignent un réel manque d'information des professionnels et que ces derniers sont dans l'attente de plus d'information à ce sujet.

Compte tenu des faibles retours, l'ORDIMIP engagera une nouvelle enquête en 2010 pour étoffer les résultats.

3 AU MOINS TROIS ENJEUX ESSENTIELS ET PRIORITAIRES

Les risques concernent les écosystèmes et les diverses espèces, et, en ce qui concerne l'être humain, les populations de travailleurs mais aussi la population générale. En résumé, il s'agit de risques environnementaux et sanitaires. L'évaluation de ces risques progresse lentement car le monde des « nanos » recouvre une très grande variété de nanoparticules et de nanomatériaux.

D'une manière pragmatique, concernant la filière des déchets, trois points semblent essentiels :

- **Avoir une gestion des déchets adaptée en production sur site et en laboratoire**

Constat : Aujourd'hui, les pratiques vis à vis des déchets contenant des nanoparticules dans les laboratoires sont très hétérogènes. Certains stockent leurs déchets en attendant une solution satisfaisante. D'autres éliminent ces déchets avec les déchets dangereux sans autre précaution particulière. D'autres, enfin, rejettent leurs déchets directement au réseau collectif, situation tout à fait inacceptable. Les solutions qui leurs sont proposées ne sont pas adéquates, voire inexistantes.

Il s'agit aujourd'hui de réfléchir de façon concertée à des modes de conditionnement, d'identification, de stockage et d'élimination adaptés. En effet, il convient en premier lieu de protéger les salariés sur les lieux d'utilisation. Dans le même temps, il est essentiel de permettre aux collecteurs de déchets d'identifier ceux contenant des nanoparticules afin qu'ils puissent eux-mêmes se protéger. Enfin, les déchets mieux identifiés et mieux conditionnés devraient être dirigés vers des filières adaptées pour éviter toute diffusion dans le milieu naturel.

Ces déchets devraient pour le moins être séparés des autres déchets dès leur production, leurs contenants clairement identifiés dans les locaux de stockage de déchets.

Protéger les salariés des filières de collecte et de traitement (eaux et déchets)

Constat : Les nanoparticules arrivent déjà sur les centres de traitement mais aucune information n'est donnée aux salariés de ces centres. Ces déchets ne sont pas identifiables. Aucune formation ou procédure particulière n'est en place. A ce jour, ces déchets arrivent en mélange avec d'autres déchets qui ne contiennent pas de nanoparticules.

Il convient donc en premier lieu de réaliser une information, un porté à connaissance auprès des personnels des centres de traitement pour permettre une protection et une manipulation sans risque. Il s'agit également d'éviter la dilution et la « contamination » d'autres déchets par les nanoparticules.

Une identification précise dès le conditionnement chez le producteur permettrait de ne pas mélanger ces produits avec les autres. Les personnels des centres de traitement devraient être formés/informés sur le thème des nanoparticules et les précautions à prendre.

Adapter les filières de traitement et de recyclage des eaux usées et des déchets

Constat : les nanoparticules arrivent aujourd'hui sur des installations de traitement « classiques » qui ne sont pas toutes en capacité de les retenir ou de les détruire.

Il semble indispensable de réaliser des adaptations sur les centres de traitements, d'orienter les déchets vers des filières mieux adaptées ou, en dernier recours, de créer une filière dédiée.

Il est primordial de tenir compte des coûts externes liés à la non prise en compte du risque afin de les mettre en relation avec les coûts d'investissement nécessaires à l'adaptation des filières, ou la mise en œuvre de nouvelles filières, dans toutes les solutions qui pourront être envisagées.

4 QUELQUES ELEMENTS TECHNIQUES D'ILLUSTRATION

4.1 Caractérisation des déchets

Les nanomatériaux sont des produits sous forme solide. Cependant, ils peuvent se trouver associés avec d'autres matrices, ce qui leur confère des propriétés ou des devenirs différents :

- Dans des matrices solides : on parlera de composites (par exemple de la nano-silice dans des ciments ou du nano-carbone dans des pneus) ;
- Dans des matrices liquides : par exemple dans l'eau des effluents ou des rivières ou dans d'autres matrices plus ou moins complexes (peintures) ;
- Dans des matrices pâteuses : crème, gel, etc. ;
- Et même en suspension dans des gaz : aérosols.

Selon les cas, les risques de dispersion, les possibilités d'agrégation sont différentes ; par exemple, l'agrégation en phase solide dépendra essentiellement des propriétés de surface de chaque particule. L'agrégation en phase liquide dépendra des propriétés des particules mais aussi de celles du liquide (en particulier présence d'autres éléments et pH). Les voies de concentrations, de stockage et d'élimination dépendront donc en partie de la forme sous laquelle se trouvent les nanoparticules.

Les nanoparticules peuvent se trouver sous trois formes chimiques :

- Organique : c'est-à-dire possédant un squelette essentiellement carboné ; les autres éléments majeurs sont l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, et en quantité moindre le soufre.
- Minérale : essentiellement les composés semblables aux roches : composés de l'alumine, de la silice, du phosphore, du calcium ; on y rencontre aussi les composés issus des métaux et des terres rares.
- Métallique : composés formés par des métaux purs ou des alliages ; on y place parfois dans cette catégorie les composés oxydés.

D'une manière générale : les composés organiques sont sensibles à la température, à l'oxydation. Ils peuvent donc être dégradables par voie thermique et parfois par voie oxydante ou biologique. Sous forme nanoparticulaire le seront-ils autant ?

Quant aux composés métalliques, ils s'oxydent en général. Les composés minéraux sont eux peu dégradables. La température transforme éventuellement ces deux types de composés mais ne les détruit pas.

4.2 Les filières d'élimination actuelles sont-elles adaptées à un traitement sans risque des nanomatériaux ?

Les déchets produits par les industriels et les laboratoires de recherches

Dans le cas d'une production très localisée et identifiée, comme en fabrication industrielle, en transformation ou dans la recherche, on pourrait imaginer une filière spécifique. On est ici dans le cadre des déchets dangereux (cf : Avis de l'AFSSET et du Comité de Prévention et de Précaution) et une ou plusieurs filières spécifiques pourraient être mises en œuvre.

Hypothèses de comportement lors de la combustion : Une des nombreuses questions scientifiques à résoudre.

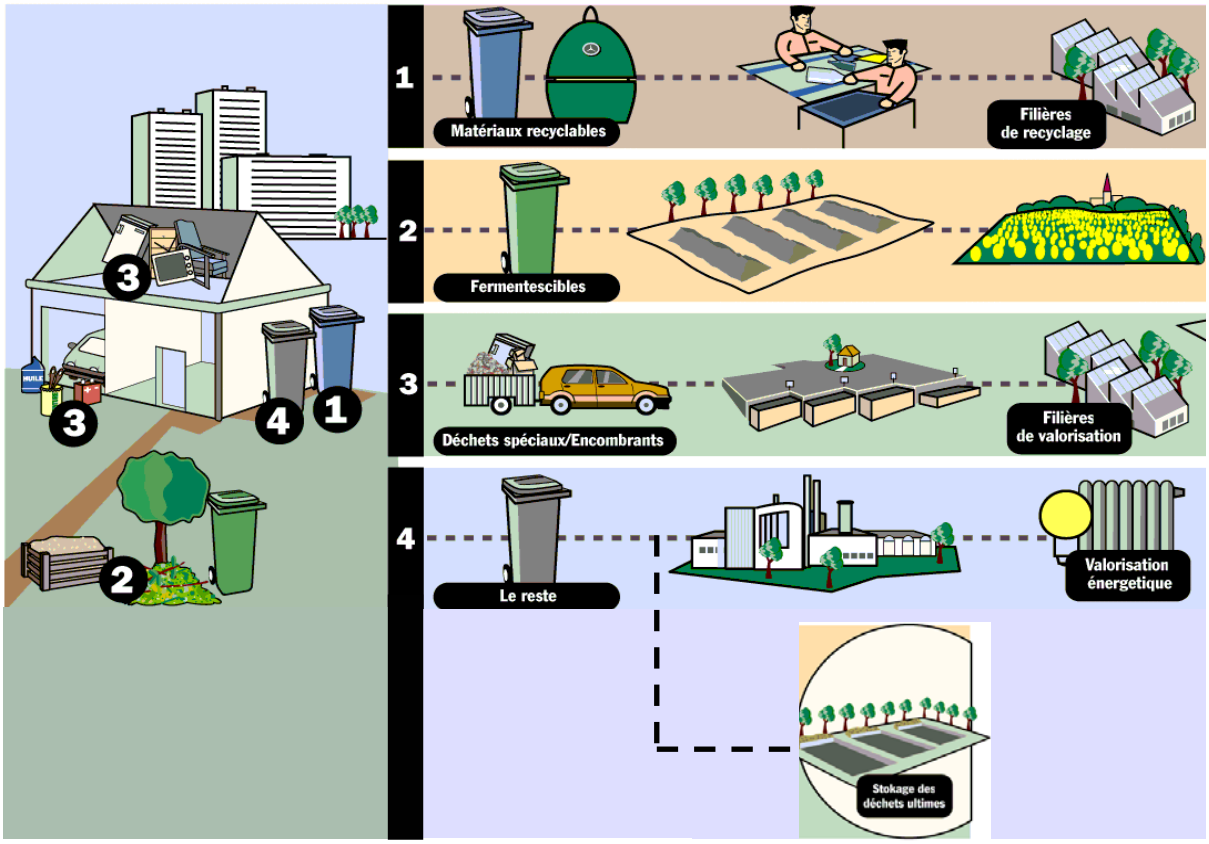
Nanomatériaux organiques : ils sont probablement brûlés à haute température. Cependant, les molécules peuvent se recombiner : même si le nanomatériau initial est détruit, il peut y avoir apparition de nouvelles molécules.

Nanomatériaux non organiques : ils ne sont pas détruits dans l'incinérateur. Ils peuvent former de nouveaux composés et également se recombiner avec des molécules organiques.

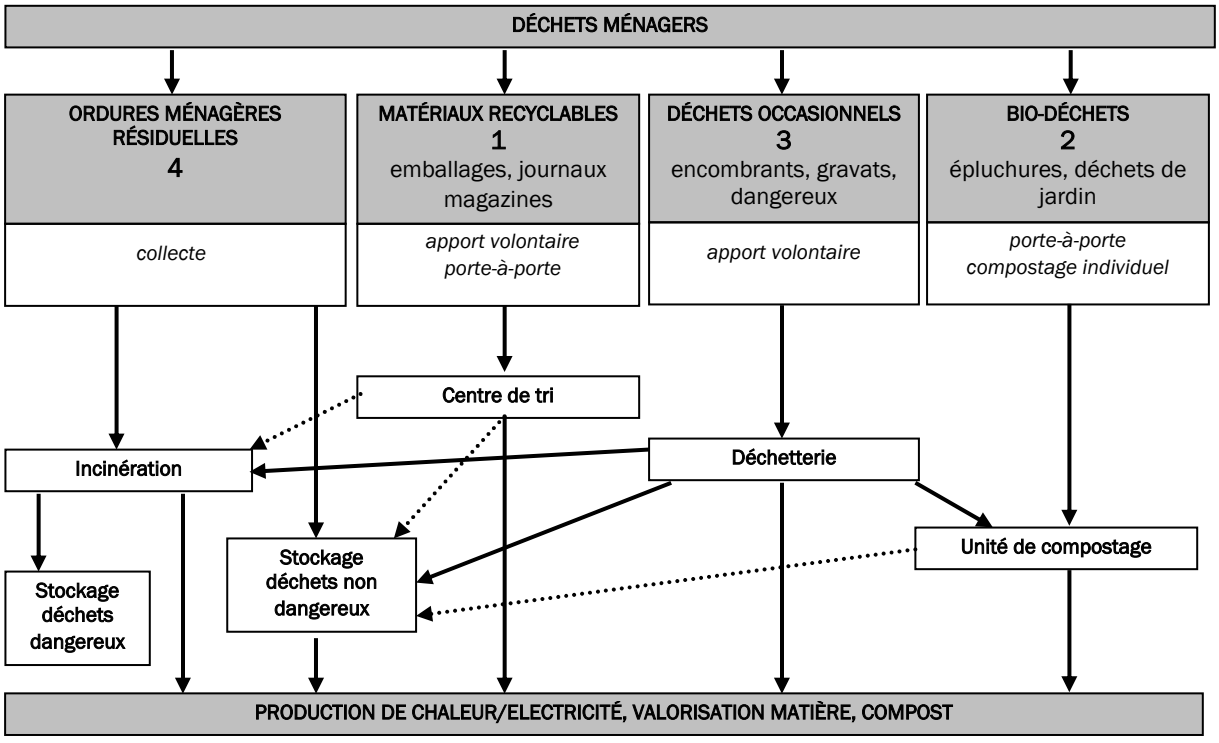
Les déchets industriels liquides, de laboratoires ou ménagers rejetés dans l'eau

Les procédés industriels de traitement des eaux, des eaux usées et des effluents ne se préoccupent pas encore de l'élimination des nanoparticules. En effet, il n'y a pas de règlementation adaptée, donc pas encore de contrainte légale vis à vis de cette élimination. Or, on peut penser que, déjà, des nanoparticules transitent par les réseaux de collecte et atteignent les stations d'épuration urbaines et de traitement des eaux industrielles mais les traitements en place n'ont pas été étudiés pour retenir ces nano-objets. Sont-ils arrêtés ? Passent-ils à travers les mailles des filets étudiées pour des objets plus volumineux ? Finissent-ils dans les boues ?

Pour protéger les eaux de surface et les eaux souterraines et nous assurer, dans l'avenir, des ressources hydriques de bonne qualité pour préparer de l'eau potable, il est nécessaire de vérifier, au plus vite, les capacités de traitement des installations existantes et de mettre au point des systèmes de traitement, dès la source de la pollution, afin d'éviter la contamination des boues par des nanoparticules.
Les figures suivantes illustrent les parcours classiques des différents déchets que nous produisons dans notre vie courante.



Source : ADEME



Les nanomatériaux se retrouvent dans de nombreux produits commercialisés pour le grand public. Aussi, dans le cas d'une production disséminée des déchets contenant des

nanomatériaux, comme chez les particuliers, la séparation de ces déchets est impossible. Le déchet ne pourra alors être dirigé vers une filière spécifique aux déchets dangereux ; il sera traité comme un déchet non dangereux. Il faut donc se poser la question du devenir des nanoparticules dans les traitements des déchets ménagers et assimilés actuels :

1. Unité d'Incinération des Ordures Ménagères :

    - production de REFIOM (Résidus d'Epuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères) qui seront stabilisés et enfouis en stockage de classe 1 (réservé aux déchets dangereux) étanche.

    - Qu'en est-il de l'efficacité de la filtration des fumées ?

    - Qu'en est-il du devenir des mâchefers qui contiennent des nanoparticules ? Il n'y a, aujourd'hui, aucun protocole de prise en compte des nanoparticules dans les mâchefers qui sont utilisés en sous-couche routière et donc en contact avec le milieu naturel.

    - Qu'en est-il des eaux de maturation des mâchefers ?

2. Stockage de classe 2 (réservé aux déchets ultimes non dangereux) :

    - Les déchets solides sont confinés dans une alvéole étanche.

    - Qu'en est-il des lixiviats (eaux de percolation récupérées en fond d'alvéole de stockage) ?

5 ET MAINTENANT ?

Les risques sanitaires et environnementaux ne sont ici pas abordés directement. Cependant c'est bien parce que des risques potentiels existent que les membres de l'Observatoire se sont mobilisés dans un travail collégial et font les recommandations suivantes :

INFORMATION, TRANSPARENCE

a. Un étiquetage des produits doit devenir obligatoire pour une information des utilisateurs qu'ils soient grand public ou professionnels. Le 24 mars 2009 à Strasbourg, le parlement européen a adopté le Règlement dit « Cosmétiques ». Il édicte que tout fabricant souhaitant une incorporation des nanomatériaux dans un produit devra en informer la Commission Européenne et devra en indiquer la présence dans la liste des ingrédients qui figure sur l'étiquette des produits. Ce règlement, qui devrait être publié au Journal Officiel de l'Union Européenne, devrait être appliqué dès 2013.

b. Il y a nécessité de mise en œuvre, par les pouvoirs publics, d'un portail Internet, en langue française, sur le thème des nanotechnologies avec un volet « déchets ».

FORMATION

c. Il faut introduire, dans la formation continue des professionnels :
   - responsables « Qualité Hygiène Sécurité Environnement »,
   - élus,
   - agents de l'Etat,
   - dirigeants de TPE et PME,
   - artisans,
   - médecins du travail,

un module comportant les savoirs de base sur les nanomatériaux, l'état de l'art sur les risques que leur manipulation comporte et un volet sur la gestion des déchets contaminés par des nanoparticules.

REGLEMENTATION

d. Les nanoparticules ne sont pas prises en compte dans la réglementation « déchets », ni même dans les outils de planification concernant les déchets. Elles n'existent pas, aujourd'hui, aux yeux du législateur. Il faut remédier à cela rapidement.

e. Des mesures règlementaires doivent être prises afin que des nanomatériaux ne soient pas créés sans réflexion préalable sur leur cycle de vie. Dans ce but, les membres de l'ORDIMIP recommandent, par exemple, que les financeurs publics prévoient, dans les conventions de financement, une obligation de réflexion sur le devenir des produits contenant des nanoparticules que les entreprises et les laboratoires développent grâce à ces fonds.

f. Les évolutions règlementaires devront concerner toutes les entreprises qui mettent en œuvre des nano-objets, qu'elles soient ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) ou non. Cependant, dans un premier temps, les déchets contenants des nanoparticules pourraient être pris en compte spécifiquement dans les études déchets des dossiers de demande d'autorisation dans le cadre des procédures ICPE.

RECHERCHE

g. Pour combler le manque vertigineux de connaissances essentielles quant au devenir des nanomatériaux et des nanoparticules en fin de vie, il est indispensable de mettre en place, de toute urgence, des financements pour des recherches spécifiques portants, en particulier, sur l'évaluation des risques sanitaires, environnementaux et accidentels.

h. Mais, sans attendre les résultats du point précédent, démarrer immédiatement des travaux sur :
   - l'analyse du cycle de vie des nano-objets ;
   - le devenir des nanoparticules dans les procédés d'incinération (rejets des cheminées, mâchefers, …) ;
   - le devenir des nanoparticules dans les installations de stockage de déchets (lixiviats, efficacité des barrières de protection du sol) ;
   - le devenir des nanoparticules dans les stations de traitement des eaux urbaines et industrielles (eaux rejetées, boues résiduelles du traitement).

Vous trouverez, en ANNEXE 5, un point sur les recherches en cours au LISBP ;

- le développement de technologies permettant de traiter à la source les pollutions par des nanoparticules ;
- la quantification du lessivage des matériaux (textiles, matériaux de construction, peintures, pneumatiques, …) contenant des nanoparticules ;
- le renforcement du développement de techniques métrologiques adaptées.

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

BRGM : Bureau Régional Géologique et Minier

CNRS : Centre National de Recherches Scientifiques

CPP : Comité de la Prévention et de la Précaution

FERmat : Laboratoire Fluide, Energie, Réacteurs, Matériaux et Transferts

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INERIS : Institut National de l'Environnement et des Risques

IMFT : Institut Mécanique des Fluides de Toulouse

INSA : Institut National des Sciences Appliquées

LISBP : Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés

LPCNO : Laboratoire de Physique et Chimie de Nano-Objets

OM : Ordures Ménagères

ORDIMIP : Observatoire des Déchets Industriels en Midi-Pyrénées

PREDD : Plan Régional d'Elimination des Déchets Dangereux

REFIOM : Résidus d'Epuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères

ANNEXE 2 : LES DIFFÉRENTES FAMILLES DE NANOPARTICULES

Il existe plusieurs termes en ce qui concerne les nanoparticules (nano-objets, nanomatériaux, nanomatériaux nanostructurés…). Voici donc leurs définitions, telles qu'elles sont retenues par l'INRS et le CNRS. Des définitions et autres terminologies relatives aux nano-objets sont aussi référées au sein de la norme ISO TC 27687; 2008.

1. Nano-objets

Les nanomatériaux sont des matériaux composés ou constitués pour tout ou partie de nano-objets qui leur confèrent des propriétés améliorées ou spécifiques de la dimension nanométrique.

Parmi les nano-objets, il est possible de distinguer trois grandes familles :

- Les **nanoparticules** ou particules ultra-fines (PUF) dont aucune des dimensions n'est supérieure à 100 nm. L'appellation « nanoparticules » est plutôt réservée aux particules manufacturées et destinées à des usages industriels, que ce soit des nanoparticules connues et produites depuis déjà plusieurs années et dont les tonnages sont élevés comme le dioxyde de titane ou la silice (ils représentent 95 % du marché des nanoparticules) ou des nanoparticules nouvelles comme les fullerènes. Les nanoparticules peuvent se présenter sous la forme de poudre, de suspension, de solution ou de gel. L'appellation « particules ultra-fines » se réfère davantage aux particules présentes depuis toujours dans l'environnement, comme les fumées de volcan, et anciennes dans le monde du travail, comme les émissions secondaires liées à certains procédés industriels (sous-produits de procédés mécaniques, thermiques : fumées de soudage, émissions diesel, etc.). Au sein des nanoparticules on distingue les objets suivants :
  - **Nanocapsules** : Les nanocapsules sont des nanostructures particulières généralement décrites comme des nanoparticules creuses, à l'intérieur desquelles des substances peuvent être ajoutées (fragrances, enzymes, catalyseurs, huiles, adhésifs, polymères, autres nanoparticules ou même des cellules biologiques).
  - La molécule de **fullerène** : Les fullerènes sont une forme de carbone pur découverte en 1985 dont la structure est constituée de pentagones et d'hexagones. La forme la plus courante des molécules de fullerène est constituée de 60 atomes de carbones (symbole chimique : C60) et est formée de 20 hexagones et de 12 pentagones qui lui donnent une forme presque sphérique. Son diamètre est d'environ un nanomètre.

- Les **nanofibres**, les nanotubes, les **nanofilaments** et les **nanobâtonnets** dont une des dimensions est supérieure à 100 nm. Ces termes sont généralement employés pour désigner des nano-objets longilignes dont les dimensions vont de 1 à quelques dizaines de nanomètres pour la section et de 500 à 10 000 nanomètres pour la longueur. Au sein de cette famille on distingue les objets suivants :
  - **Nanofils** : Le terme de nanofil est généralement utilisé pour les nano-objets longilignes dont les dimensions vont d'un nanomètre à quelques dizaines de nanomètres pour la section et de 500 à 10.000 nanomètres pour la longueur.
  - **Nanotubes de carbone** : Les nanotubes de carbone sont constitués d'un ou de plusieurs tubes concentriques. Ils sont formés d'atomes de carbone disposés en réseau hexagonal ainsi que de deux demi-molécules de fullerène à chaque extrémité. Les nanotubes peuvent avoir une longueur de plus de 5 µm pour un diamètre de 0,7 à 1,5 nm (nanotube monoparoi) ou de 2 à 50 nm ou plus

(nanotubes multiparois). Il est possible actuellement de fabriquer des nanotubes dont la longueur n'est pratiquement plus limitée.

- **Tétrapodes** : Les tétrapodes de ZnO sont susceptibles d'avoir des propriétés physiques particulières, notamment optiques. Les nanostructures en ZnO ont des propriétés de semi-conduction, piézoélectriques et pyroélectriques particulières. Les jambes des nanotétrapodes de ZnO ont une longueur généralement inférieure à 20 µm.

– Les **nanofilms**, les **nanocouches** et les **nanorevêtements** : deux de leurs dimensions sont supérieures à 100 nm. Ils sont fabriqués par dépôt physique ou chimique sur un support d'intérêt.

2. Nanomatériaux

Les nano-objets peuvent être utilisés soit en tant que tels, soit en vue d'élaborer de nouveaux matériaux nommés nanomatériaux et habituellement regroupés en trois catégories :

– Les **matériaux nanochargés** ou **nanorenforcés**. Ces matériaux sont élaborés par incorporation de nano-objets dans une matrice organique ou minérale afin d'apporter une nouvelle fonctionnalité ou de modifier des propriétés mécaniques, optiques, magnétiques ou thermiques. Les nanocomposites en sont un exemple. Divers nano-objets sont déjà utilisés dans de nombreuses applications industrielles comme par exemple :
  - ✓ les fumées de silice dans le béton, pour améliorer sa fluidité et ses propriétés mécaniques,
  - ✓ l'alumine destinée au polissage des disques durs en microélectronique,
  - ✓ le noir de carbone utilisé dans les encres d'imprimante et les pneumatiques,
  - ✓ les pigments colorés organiques et minéraux incorporés dans les peintures et les vernis,
  - ✓ le dioxyde de titane utilisé comme protection au rayonnement ultraviolet dans les crèmes solaires.

– Les **matériaux nanostructurés en surface**. Ces matériaux sont recouverts soit d'une ou plusieurs nanocouches, soit de nanoparticules qui forment un revêtement bien défini, permettant de doter la surface de propriétés (résistance à l'érosion, résistance à l'abrasion, hydrophilie, etc.) ou de fonctionnalités nouvelles (adhérence, dureté, aspect, etc.). De tels revêtements existent déjà, par exemple pour colorer des emballages en verre, apporter une fonction autonettoyante ou renforcer la surface de polymères.

– **Les matériaux nanostructurés en volume**. Ces matériaux possèdent une structure intrinsèque nanométrique (microstructure, porosité, réseau nanocristallin, etc.) qui leur confère des propriétés physiques particulières et parfois d'une grande surface d'échange (céramiques mésoporeuses par ex.). Les nano-objets sont, dans ce cas, les éléments constitutifs du matériau massif. Le raffinement de la microstucture, jusqu'à obtenir une nanostructure, peut être obtenu par forte déformation du matériau. Les deux principaux verrous technologiques qui peuvent limiter aujourd'hui leur développement et leur usage sont la stabilité de la nano-structure à haute température et les procédés de fabrication. Les matériaux de type biomimétiques (ailes de papillon, en ce qui concerne les propriétés optiques sélectives en fréquence, les coraux ou la nacre pour les propriétés mécaniques,…) et les matériaux obtenus par auto-assemblage moléculaire font également partie de cette catégorie.

ANNEXE 3 : LISTE DE PRODUITS COMMERCIALISÉS SUR LE TERRITOIRE NATIONAL COMPORTANT DES NANOPARTICULES (INVENTAIRE NON EXHAUSTIF DES PRODUITS DE CONSOMMATIONS)

Oxyde de cérium :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Envirox fuel borne catalyst	Automobile	Catalyseur	Oxonica Ltd.

Oxyde de titane :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Atomic Snow Izor skis	Sport	Skis	Atomic Snow
Self cleaning coating	Matériaux	Revêtement anti-pollution et auto-nettoyant	Shenzhen Become Industry & Trade Co., Ltd.
Soltan facial sun defence cream - Optisol	Cosmétiques	Crème solaire	Boots and Oxonica Ltd.
Sunforgettable SPF 30 brush	Cosmétiques	Crème solaire	ColorScience
T-2 Photocatalyst environment cleaner	Environnement	Photocatalyseur	T-2

Oxyde d'aluminium (alumine) :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Alusion alumina powders	Cosmétiques	Additif	Advanced Nanotechnology Limited
Lion Corporation Household cleaners	Habitations	Nettoyant	Lion Corporation

Oxyde de zinc :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
POUTlandish hyper moisturizing lip paint	Cosmétiques	Soin pour les lèvres	DERMAdoctor
Rosacea care sunscreen "30"	Cosmétiques	Crème solaire	Rosacea Care
Self cleaning coating	Matériaux	Revêtement anti-pollution et auto-nettoyant	Shenzhen Become Industry & Trade Co., Ltd.
Solar Rx SPF 30+ nano zinc oxide sunblock	Cosmétiques	Crème solaire	Keys Soap
Sunforgettable SPF 30 brush	Cosmétiques	Crème solaire	ColorScience
SunSense SPF 30+ sunscreen	Cosmétiques	Crème solaire	NuCelle Inc.
ZinClear nano zinc oxide	Cosmétiques	Crème solaire	Advanced Nanotechnology Limited

Oxyde de silicium (silice) :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Deletum 5000 anti-graffiti paint	Matériaux	Peinture anti-graffiti	Victor Castaño
Lancôme Rénergie flash lifting	Cosmétiques	Crème	Lancôme
Lancôme Rénergie microlift	Cosmétiques	Crème	Lancôme
Lancôme Rénergie microlift eye	Cosmétiques	Crème	Lancôme
LEOREX cosmetics	Cosmétiques	Crème	GlobalMed Technologies
Lion Corporation household cleaners	Habitations	Nettoyant	Lion Corporation
Nanoceuticals microbright tooth powder	Cosmétiques	Additif pour dentifrices	RBC Life Sciences Inc.
Nanoceuticals microhydrin	Alimentation	Additif	RBC Life Sciences Inc.
Nanoceuticals microhydrin plus	Alimentation	Additif	RBC Life Sciences Inc.

Fullerènes :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Dr. Brandt lineless cream	Cosmétique	Crème anti-âge	Dr Brandt
Radical sponge (fullerène)	Cosmétique	Crème antiradicalaire anti-âge	Vitamin C60 BioResearch Corporation
Zelens fullerene C-60 day cream	Cosmétique	Crème antiradicalaire	Zelens
Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant

Yonex nanospeed RQ tennis racquets	Sport	Amélioration des performances : raquettes	Yonex

Titane :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Head nanotitanium tennis racquets	Sport	Raquette plus stable, plus rapide, plus solide	Head
Maruman golf clubs	Sport	Amélioration des qualités structurales des clubs de golf	MarumanTitane & Co., Ltd.
Wilson performance driver - Pd5	Sport	Amélioration de la jouabilité et du contrôle des clubs de golf	Wilson

Argent :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Acticoat wound dressings	Textile	Vêtement antimicrobien	Smith & Nephew
Air sanitizer.	Habitations	Assainisseur d'air	Shenzhen Become Industry & Trade Co.
Contour-foam silver back-support pillow	Textile	Coussin antibactérien anti-odeur	Sharper Image
Contour-foam silver crescent travel and nap pillow	Textile	Appuie-tête antibactérien	Sharper Image
Contour-foam silver neck-support pillow	Textile	Coussin repose tête antibactérien anti-odeur	Sharper Image
Contour-foam silver slippers	Textile	Chausson antibactérien anti-odeur	Sharper Image
Daewoo refrigerator	Alimentation / Habitation	Revêtement de réfrigérateurs antibactérien anti-odeur	Daewoo (Germany)
Daewoo vacuum cleaner	Habitation / vie quotidienne	Aspirateur antibactérien	Daewoo (UK)
Daewoo washing machine	Habitation / vie quotidienne	Cuve antibactérienne	Daewoo (Germany)
LG antibacterial mobile phone	Matériaux	Revêtement de portables antibactérien	LG Electronics
Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
LG refrigerator	Alimentation /	Revêtement de	LG Electronics
	Habitation	réfrigérateurs antibactérien	
LG vacuum cleaner	Habitation / vie quotidienne	Revêtement d'aspirateurs antibactérien	LG Electronics
LG washing machine	Habitation / vie quotidienne	Cuve antibactérienne	LG Electronics
Lion Corporation household cleaners	Habitation / vie quotidienne	Spray antibactérien	Lion Corporation
Nanosilver antibacterial and deodorant insole	Textile	Semelle antibactérienne anti-odeur	Goodweave textiles Co. Ltd.
Nanosilver antibacterial and deodorant socks	Textile	Chaussette antibactérienne anti-odeur	Goodweave textiles Co. Ltd.
Nanoceuticals silver 22	Alimentation / Santé	Compléments alimentaires aux propriétés multiples	RBC Life Sciences, Inc.
NANOVER wet wipes	Habitation / Vie quotidienne	Lingette décontaminante multi-usages	GNS Nanogist
NANOVER cleansing soap	Cosmétique	Savon purifiant	GNS Nanogist
NANOVER mask pack	Cosmétique	Masque antibactérien	GNS Nanogist
NANOVER toothpaste	Santé	Dentifrice antibactérien	GNS Nanogist
Samsung air conditioner	Habitation / Vie quotidienne	Climatiseur désinfectant	Samsung
Samsung washing machine	Habitation / Vie quotidienne	Cuve antibactérienne	Samsung
Solefresh socks	Textile	Chaussette antibactérienne	UR Nanotech PLC
Utopia silver supplements advanced colloidal silver	Alimentation / Santé	Complément alimentaire renforçant le système immunitaire	Utopia Silver Supplements
X scent clothing	Textiles	Vêtement antibactérien anti-odeur	ArcticShield

Nanotubes :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Babolat NS drive tennis racket	Sport	Amélioration des performances : raquettes	Babolat
Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Babolat NS tour tennis racket	Sport	Amélioration des performances : raquettes	Babolat
Easton Sports aeroforce	Sport	Amélioration des	Easton Sports, Inc.,

clip-on bars		matériaux : appareils de fitness	Bicycle Products Group
Easton Sports EC70 wing roadbar	Sport	Amélioration des matériaux : appareils de fitness	Easton Sports, Inc., Bicycle Products Group
Easton Sports EC90 SLX road fork	Sport	Amélioration des matériaux : fourches de vélos	Easton Sports, Inc., Bicycle Products Group
Easton Sports EC90 zero seat fork	Sport	Amélioration des matériaux : supports de selles de vélos	Easton Sports, Inc., Bicycle Products Group
Easton Sports monkeylite SL handlebars	Sport	Amélioration des matériaux : guidons de vélos	Easton Sports, Inc., Bicycle Products Group
FIBRIL nanotubes	Automobiles	Amélioration des caractéristiques du plastique	Hyperion Catalysis International
Invisicon carbon nanotube technology	Matériaux	Structure conductrice d'électricités en couche très mince	Eikos Inc.
Motorola organic light emitting diodes (OLEDs)	Matériaux	Ecran d'affichage de portables	Motorola
Nitro hockey sticks	Sport	Crosse de Hockey plus résistante	Montreal Sports Oy
NRAM (Non-volatile Random Access Memory)	Informatique	Nouveau type de stockage de mémoire	Nantero, Inc
Prototype comp NT golf club	Sport	Amélioration des drives des clubs de golf	Grafalloy, Inc.
Stealth CNT® Baseball Bat	Sport	Batte de Base Ball plus résistantes	Easton® Sports, Inc.

nCarbon :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Atomic Snow Izor skis	Sport	Amélioration des performances du ski	Atomic Snow
Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Easton Sports aeroforce clip-on bars	Sport	Amélioration des caractéristiques : appareils de fitness	Easton Sports, Inc., Bicycle Products Group
GreenYarn elbow guard	Sport/Santé	Coudière anti-odeur, améliore circulation, etc.	Greenyarn LLC.
GreenYarn G-moist soft cloth mask	Textile / Cosmétique	Masque anti-odeur, améliore circulation, etc.	Greenyarn LLC.
GreenYarn insole	Textile / Sport	Semelle anti-odeur, améliore circulation, etc.	Greenyarn LLC.
GreenYarn knee guard	Sport / Santé	Genouillère anti-odeur, améliore circulation, etc.	Greenyarn LLC.
GreenYarn short socks	Textile / Sport	Chaussette anti-odeur, améliore circulation, etc.	Greenyarn LLC.
Nanodesu X bowling ball	Sport	Amélioration performance et résistance : boule de bowling	The American Bowling Service Company
Nitro darkhorse snowboard	Sport	Amélioration des propriétés : planche de surf des neiges	Nitro
Wilson nCode badminton rackets	Sport	Raquette badminton à matrice plus stable	Wilson
Wilson nCode raquetball rackets	Sport	Raquette de squash à matrice plus stable	Wilson
Wilson nCode squash rackets	Sport	Raquette de squash à matrice plus stable	Wilson
Wilson nCode tennis rackets	Sport	Raquette de tennis à matrice plus stable	Wilson
Wilson performance driver - Pd5	Sport	Meilleure stabilité et jouabilité : club de golf	Wilson

Divers non spécifié :

Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
Coco Mademoiselle fresh moisture mist	Cosmétique	Soin pour la peau	Chanel
Diorskin Forever extreme wear flawless makeup FPS 25	Cosmétique	Soin pour la peau	Dior
Nom	Domaine d'application	Type de produit	Fabriquant
DiorSnow pure UV base SPF 50	Cosmétique	Soin pour la peau	Dior
Hydra flash bronzer daily face moisturizer	Cosmétique	Soin pour la peau	Lancôme
Hydra zen cream	Cosmétique	Soin pour la peau	Lancôme
Lancôme Rénergie neck	Cosmétique	Soin pour la peau	Lancôme

Primordiale nanolotion	Cosmétique	Soin pour la peau	Lancôme
Primordiale optimum lip	Cosmétique	Soin pour la peau	Lancôme
RevitaLift double lifting	Cosmétique	Soin pour la peau	L'Oréal
RevitaLift intense lift treament mask	Cosmétique	Soin pour la peau	L'Oréal
Soothing moisturizing lotion nanoemulsion 10-9	Cosmétique	Soin pour la peau	G.M. Collin
Nanolubricant	Automobile / Industrie	lubrifiant industriel	Groupe Orapi
Laurabois'O lasure	Habitation / Vie quotidienne	Peinture lasures Traitement du bois	Lauragais peinture

ANNEXE 4 : MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA CONCEPTION DE L'ENQUÊTE

Cette enquête est non contraignante, basée sur le volontariat, menées par le biais de questionnaires écrits et d'entretiens téléphoniques ou sur le terrain.

a) Choix des organismes professionnels ciblés

Dans le but d'obtenir un maximum d'éléments de réponses pour les réflexions du groupe de travail, il a été décidé de couvrir le plus large spectre d'établissements potentiellement concernés par la problématique des nanomatériaux. Par conséquent, les secteurs industriels visés ont été ceux repérés par l'AFFSET dans son rapport de juillet 2006 « Les nanomatériaux - Effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement » (AFFSET 2006).

- Environnement
- Energie
- Textile
- Chimie et matériaux
- Cosmétiques, santé et pharmacie
- Automobile
- Aéronautique, spatial et défense
- Electronique et communication
- Verre et articles en verre
- Céramiques et matériaux de construction
- Caoutchouc
- Matières plastiques
- Métallurgie

Les structures sollicitées pour l'enquête ont donc été :

- Les entreprises industrielles ayant une activité principale liée aux secteurs industriels cités ci-avant.
- Les entreprises commerciales et artisans de secteurs concernés.
- Les laboratoires de recherches privés.
- Les laboratoires de recherches publics ayant une activité dans le domaine des nanotechnologies.

b) Contenu des questionnaires

La structure des questionnaires est sensiblement différente selon que les questions sont posées aux laboratoires ou aux industriels.

Néanmoins, la base du questionnaire reste la même et est articulée autour de plusieurs axes :

- renseignements administratifs de l'établissement concerné ;
- caractérisation des nanomatériaux utilisés ou produits : types de nanoproduits (minéral, organique…), familles chimiques, formes physiques, quantités de déchets contenant des nanoparticules produites ;
- précisions en fonction du destinataire :
  - pour les laboratoires : liens avec d'autres laboratoires ;
  - pour les industriels : type d'activité en lien avec les nanoproduits ;
- renseignements sur les modes d'élimination des déchets ;
- recueil de tout autre commentaire, suggestion, remarque complémentaire de l'établissement.

ANNEXE 5 : POINT SUR LES RECHERCHES EN COURS AU LISBP - TRAITEMENT DES EFFLUENTS

(Article rédigé par Pascal Guiraud, directeur adjoint du LISBP Toulouse et président de l'ORDIMIP)

Le développement de nouvelles nanoparticules, de leurs procédés de production en quantité à leur utilisation dans des secteurs d'activités très divers, laisse présager que ces nouveaux objets vont inévitablement se retrouver à terme dans des rejets industriels ou domestiques, voire dans les ressources en eau.

L'objectif global du projet de recherche développé au Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés de l'INSA de Toulouse est d'anticiper ce problème qui pourrait devenir majeur pour la santé publique et l'environnement en proposant un procédé d'agrégation et de séparation de ces nanoparticules basé sur le principe de récupération par flottation. Engagé en 2006, ce projet a reçu un premier soutien de la Région Midi Pyrénées et de l'Université de Toulouse, car ces recherches sont menées en collaboration avec d'autres laboratoires Toulousains (LPCNO, IMFT, FERMaT). Le CNRS a permis de contribuer à ce démarrage, à travers un financement de type PEPS (Projets Exploratoires Pluridisciplinaires) et l'attribution d'un post doctorant. Le China Scholarship Council a financé une bourse de Doctorat pour une étudiante chinoise, dont la soutenance est prévue en juillet 2010. De plus, un financement de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR PRECODD ; projet nommé NANOSEP ; 2009-2011) est venu asseoir ce démarrage, dans une collaboration nationale associant au LISBP, au LPCNO et à l'IMFT, le BRGM (Orléans), le CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement, UMR 6635, Aix-Marseille), le LMSGC (Laboratoire des Matériaux et des Structures du Génie Civil, UMR113 Ponts et Chaussées-CNRS), l'INERIS, ainsi que des industriels tels que ARKEMA France et SUEZ-Environnement.

Le projet de recherche, initié localement, s'est donc élargi naturellement, assurément en raison des inquiétudes soulevées par le développement des nanotechnologies, qui se sont notamment manifestées au cours du débat public à ce sujet. Il est évident que le développement durable de ces nouvelles technologies et de ces nouveaux produits doit s'accompagner de recherches sur les impacts (santé humaine et environnement), et de même, de recherches sur les techniques de protection de l'environnement et de remédiation des pollutions, comme l'établit ce projet, sous peine de rendre inacceptable par la société la nano-économie tant espérée, et donc d'anéantir les investissements colossaux de recherche et développement qu'elle recueille. L'intérêt de ce projet a été souligné par un Award à la conférence de l'International Water Association on Industrial Waste Water Treatment Systems (Amsterdam, Pays-Bas, 2-3/10/08) et la remise du Prix des Techniques Innovantes lors du Salon POLLUTEC 2008 (Lyon, 2-5/12/08).

ANNEXE 6 : QUELQUES DÉFINITIONS

Installation de stockage des déchets non dangereux (classe II) :

Installation destinée à stocker des déchets dits ultimes car ne pouvant pas faire l'objet d'une valorisation dans des conditions technologiques et économiques du moment. Dans le cas des centres dits de classe II, les déchets sont issus des ordures ménagères ou assimilées. L'élimination des déchets ménagers et assimilés dans ces installations s'effectue par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Ces installations sont soumises à la réglementation des ICPE et font l'objet d'une demande d'autorisation et d'une enquête publique.

Lixiviat :

Le lixiviat (ou percolat) est le liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau. Ce terme désigne notamment tous les « jus » issus de décharges, d'installation de compostage, etc. Dans le cas de déchets, le lixiviat se charge de polluants organiques, minéraux et métalliques, par extraction des composés solubles.

Stabilisation :

Le traitement par stabilisation a pour objectifs de diminuer la solubilité des éléments polluants contenus dans les déchets dangereux, d'obtenir des caractéristiques physiques permettant à la fois d'optimiser la mise en place des déchets sur un stockage et de limiter sa perméabilité, de réduire les contacts entre le déchet et le milieu extérieur, notamment l'eau de pluie. Le traitement mis en œuvre consiste à mélanger les déchets avec des liants minéraux et de l'eau dans des proportions définies et validées par des essais en laboratoire. Ce traitement est un préalable à l'enfouissement en centre de stockage de déchets dangereux, dit de classe I.

Installation de stockage des déchets dangereux (classe I) :

Une installation de stockage de déchets dangereux, dite de classe I, est une installation d'élimination de déchets dangereux par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Les déchets sont issus des activités industrielles et sont classés dangereux. Ces installations sont soumises à la réglementation des ICPE et font l'objet d'une demande d'autorisation et d'une enquête publique.

Incinération :

L'incinération est un traitement basé sur la combustion avec excès d'air. L'avantage de ce traitement est qu'il est adapté à toutes sortes de déchets (solides et liquides) contrairement aux autres modes de valorisation. Il diminue fortement le volume et la masse déchets, tout en produisant de la chaleur susceptible d'alimenter un réseau de chaleur urbain et/ou d'être transformée en électricité. L'incinération génère des REFI (Résidus d'Epuration des Fumées d'Incinération) à éliminer dans des installations de stockage de déchets dangereux et des mâchefers qui, après maturation, pourront, sous certaines conditions, être utilisés en technique routière.

Mâchefers :

Les mâchefers sont les résidus résultant de l'incinération des déchets récupérés en sortie de four. Leur mode d'élimination varie suivant leur teneur en substances polluantes : ils peuvent être valorisés, essentiellement en infrastructure routière, ou stockés en installation de stockage de déchets non dangereux. La réglementation distingue trois catégories de mâchefers :

- Catégorie S : forte fraction lixiviable, doivent être stockés en centres de stockage de déchets ultimes.
- Catégories V et M : faible fraction lixiviable et mâchefers intermédiaires, valorisable sous certaines conditions en génie civil.

Valorisation :

« Valorisation » est un terme générique qui recouvre le recyclage matière et organique, la valorisation énergétique des déchets, ainsi que le réemploi, la réutilisation et la régénération.

Fermentescibles :

Les déchets fermentescibles sont les déchets composés de matières organiques biodégradables. Ils sont susceptibles d'être traité par compostage ou méthanisation.

Compostage :

Le compostage désigne un procédé de traitement biologique aérobie de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. La partie organique des déchets solides est transformée en matériau humide stable appelé compost.