

- Dioxyde de titane
- BTP
- Chantier
- Produit chimique
- Nanomatériau

► *Bertrand HONNERT, Gautier MATER, INRS, département Métrologie des polluants*

UTILISATION DU DIOXYDE DE TITANE NANOMÉTRIQUE CAS PARTICULIER DE LA FILIÈRE BTP

L'étude de filière présentée dans cet article fait le point sur l'utilisation du dioxyde de titane dans le secteur du BTP. Son introduction dans la composition des matériaux est liée au caractère photocatalytique du dioxyde de titane. Il opère comme agent dépolluant de l'air ou autonettoyant des structures. Sa mise en œuvre se fait majoritairement au cours de l'élaboration de matériaux finis ou semifinis préfabriqués sur sites industriels manufacturiers : béton architectonique de façade, mur antibruit, pavé, vitrage, couverture de toiture bitumineuse. Les utilisations restantes concernent des opérations de coulée ou de projection de ciment photocatalytique et de pulvérisation de vernis sur les chantiers liés au gros œuvre du BTP. A la fin 2012, moins d'une centaine de tonnes de dioxyde de titane nanométrique a été intégrée à l'ensemble de ces applications. Le nombre de salariés, potentiellement exposés, travaillant à la mise en œuvre de ciment photocatalytique dans le secteur du gros œuvre du bâtiment et du génie civil est évalué à moins de 100 personnes.

USE OF NANOMETRIC TITANIUM DIOXIDE: THE SPECIAL CASE OF THE CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING SECTOR

This sector-based study assesses the use of titanium dioxide in the French construction and civil engineering sector. Titanium dioxide is added to construction materials for its photocatalytic properties. It acts as a de-pollutant in air and as a self-cleaning agent for buildings and structures. The main application of titanium dioxide is in the preparation of finished or semi-finished materials (architectonic concrete facades, noise-protection walls and sound barriers, paving blocks, window facades and bitumen roofing materials) that are prefabricated at industrial manufacturing sites. The remaining uses involve the pouring or spraying of photocatalytic cement and the spraying of paints, varnishes or other coatings at structural-work sector building sites. To date (end 2012), less than a hundred tonnes of nanometric titanium dioxide have been used in these applications. The number of workers involved in implementing photocatalytic cement in the structural-work and civil-engineering sector has been assessed at fewer than one hundred.

Plusieurs études de filières sur le repérage de nano-objets ont été menées dans différents pays sur une période s'étendant de 2002 à 2012 [1 - 6]. La diversité des méthodologies employées et les informations collectées reflètent la difficulté, pour les préventeurs comme pour les utilisateurs industriels, à évaluer le caractère nanométrique d'un matériau ou d'une substance. Des définitions non stabilisées et des déficits de connaissances scientifiques sur leur évaluation en sont partiellement la cause qu'elles soient d'ordre métrologique, épidémiologique ou toxicologique. À cela s'ajoutent les difficultés pour les préven-

teurs de distinguer un aérosol issu d'agent chimique nanométrique manufacturé et celui issu de la dégradation de substances sous forme de particules ultrafines. C'est dans ce contexte qu'une étude de filière a été menée par l'INRS en 2009 pour collecter des données liées à l'utilisation et la production de nano-objets manufacturés [7].

Aussi, afin d'affiner les résultats obtenus par enquête postale, il est apparu nécessaire d'adapter les enquêtes de filières au caractère émergent des nano-objets et d'envisager, pour ce faire, une enquête sur un nano-objet tous secteurs industriels confondus. Le choix de

- Titanium dioxide
- Construction and civil engineering
- Building site
- Chemical substance
- Nanomaterial

l'évaluation de la présence d'un agent chimique s'est porté sur le dioxyde de titane nanométrique (cf. Figure 1). Il résulte de plusieurs facteurs qui prennent en compte :

■ **l'ancienneté** : les industriels reconnaissent produire du dioxyde de titane nanométrique à partir du milieu des années 1980 ;

■ **la toxicité** : le dioxyde de titane après avoir été classifié en février 2006 par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) en catégorie 2B, c'est-à-dire comme potentiellement cancérogène, est actuellement classé par la commission européenne comme CMR pour l'homme ;

■ **les applications** : les propriétés de semi-conducteur du dioxyde de titane nanométrique le destinent à des utilisations autres que celles de pigment.

DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE

A partir du choix de cet agent chimique une recherche sur différents supports a été entreprise : publications de brevet, publications de colloque, présentations de congrès, publications de syndicats professionnels... Cette recherche a été complétée par la visite systématique de sites industriels concernés en lien avec le personnel des Carsat/CRAM en charge du site.

Les caractéristiques techniques retenues prennent en compte une surface spécifique supérieure à $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$, valeur retenue par le SCENIHR (Scientific committee on emerging and newly identified health risks) pour définir un nanomatériau [8]. En tenant compte de la densité du dioxyde de titane voisine de 4, nous avons considéré la valeur de $15 \text{ m}^2/\text{g}$, comme valeur de la surface spécifique à partir de laquelle le dioxyde de titane manipulé était considéré comme nano-objet dans les établissements que nous avons visités.

PRÉSENTATION DU MARCHÉ ACTUEL

L'appréciation des quantités de dioxyde de titane nanométrique importées et exportées est difficile à faire à partir des chiffres fournis par le site des douanes. En effet, aucune distinction

reposant sur la taille n'est proposée, les chiffres indiqués sont la somme de références de dioxyde de titane pigmentaire et nanométrique. Cette donnée pourra être atteinte prochainement par le biais des déclarations auprès de l'Anses de nanomatériaux auxquels fabricants, importateurs et distributeurs sont dorénavant soumis [9].

Le marché actuel du dioxyde de titane nanométrique se répartit sur quelques secteurs parmi lesquels figurent essentiellement :

■ **la pharmacie** : son emploi est avéré en tant qu'excipient dans les vaccins ou les médicaments sous la forme d'un colorant E171. Compte tenu de la spécificité du marché concerné, il ressort des entretiens que cette matière première est issue de producteurs étrangers surtout allemands, américains ou japonais. Les quantités consommées n'ont pas été évaluées ;

■ **l'alimentaire** : dans ce secteur, son utilisation est voisine de celle de la pharmacie donc comme agent de fluidification et d'enrobage de confiseries en tant que colorant E171. Les quantités consommées n'ont pas été évaluées ;

■ **la cosmétique** : il est utilisé comme agent anti-UV, les références de dioxyde de titane sont principalement d'origine japonaise. La consommation française était voisine de 50 tonnes par an en 2008 ;

■ **la chimie** : la consommation française est dirigée vers la catalyse thermique. Le débouché principal est la dépollution des gaz des unités d'extraction sur les champs pétrolifères par abattage des émanations de soufre et d'oxyde d'azote. La préparation de ce type de catalyseur absorbe une quantité de dioxyde de titane supérieure à 1 000 tonnes par an ;

■ **la formulation des encres, peintures et vernis** : il rentre dans la composition des cartouches d'encre d'imprimante de type toner à côté des noirs de carbone. Le marché français est évalué à 11 millions de cartouches [10] dont un certain nombre fait l'objet de réemplois après rechargement au sein d'établissements spécialisés [11]. Dans les peintures et vernis, l'emploi du dioxyde de titane nanométrique en tant qu'agent de dépollution est en cours de commercialisation. Il est principalement importé. Dans la formulation de vernis, la consommation française se situe à moins d'une tonne de dioxyde de titane nanométrique par an ;

■ **l'automobile** : pour son emploi dans la dépollution des gaz d'échappement, il est associé à d'autres catalyseurs nanométriques (terres rares, silice amorphe, métaux précieux). La préparation des structures catalytiques est réalisée hors de France (Allemagne, Grande Bretagne, Pays-Bas) et est importée en France sous forme de semi-produits. En tant que support de catalyseurs, il est concurrencé par l'alumine et les zéolithes. Leur intégration dans la structure métallique des pots d'échappements est réalisée chez des sous-traitants du secteur automobile. Les quantités importées n'ont pas été évaluées ;

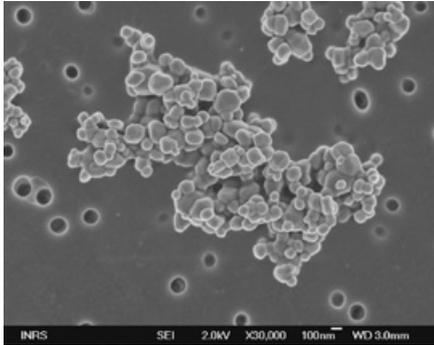
■ **le BTP** : son emploi est lié à ses propriétés photocatalytiques. Il est utilisé pour préserver l'aspect des structures et minimiser leur entretien ou à des fins d'épuration de l'air dans des zones de forte pollution aérienne. Les quantités de dioxyde de titane nanométrique pur consommées dans les différents mélanges utilisés dans ce secteur (ciment, coulis, vernis...) ont été évaluées à moins d'une centaine de tonnes par an. S'il ne trouve à ce jour qu'un débouché modeste, ce marché est en cours de développement depuis près de cinq ans et présente, dans ce secteur, le potentiel de développement le plus important. Son déploiement concerne l'ensemble des corps de métiers de ce secteur. Nous nous sommes plus particulièrement attachés au cours de nos prospections à en rendre compte.

HISTORIQUE

Initialement, dans le secteur du BTP, la présence de TiO_2 sous forme pigmentaire ne se manifestait que dans les formulations de peintures et d'enduits de signalisation de route ou en tant qu'élément constitutif de la composition des briques réfractaires de fours industriels. Les métiers associés à ce type d'activité se trouvent principalement parmi ceux des peintres enduiseurs, ravaleurs ou ragréeurs et des maçons fumistes. Une exposition par inhalation d'aérosols peut se produire lors d'opérations d'enduction par pulvérisation, de préparation des surfaces par ponçage, de préparation des enduits de signalisation, de découpage des briques réfractaires auquel il faut ajouter les tâches de fin de poste d'entretien et de nettoyage du matériel. Cette exposition au dioxyde

FIGURE 1

Image d'une poudre de dioxyde de titane nanométrique obtenue par microscopie électronique à balayage



de titane s'étend aux salariés des entreprises de démolition lors des opérations de curage ou d'abattage d'immeubles.

L'apparition du TiO_2 nanométrique dans le secteur du BTP est liée à ses propriétés photocatalytiques à partir desquelles il est utilisé comme agent de dépollution ou antisalissure. Pour ce faire, il apparaît dans des mélanges de produits pulvérulents (ciment, chaux...) avant d'être intégré à des produits finis ou semi-finis (béton architectonique, vitrage, revêtement routier, couverture bitumineuse...). De même, il est formulé dans des suspensions liquides (vernis, peinture...) avant son dépôt sur une surface à traiter (mur, média fibreux...).

ORIGINE ET COMPOSITION DES MÉLANGES UTILISÉS

Les ciments et les chaux photocatalytiques sont fabriqués en aval des cimenteries dans des établissements de fabrication de mortier et de béton industriel prêt à l'emploi. Ils sont obtenus par malaxage à sec des différentes substances (ciment, dioxyde de titane, pigment). La composition du mélange obtenu représente moins de 5 % de dioxyde de titane nanométrique.

L'introduction de dioxyde de titane nanométrique sur les couvertures bitumineuses est effectuée chez le fabricant sur le procédé traditionnel d'enduction de toile bitumineuse.

FIGURE 2

Parement extérieur préfabriqué de bâtiment en béton photocatalytique (avec inclusion de disques en inox)



De même, les peintures et vernis photocatalytiques sont manufacturés dans des établissements de fabrication de peinture. A la base, ils sont réalisés à partir de la dilution de solutions mères de suspension de dioxyde de titane nanométrique. Ces dernières sont conditionnées sous forme liquide chez le fabricant de TiO_2 nanométrique. Les nanoparticules sont maintenues en suspension dans un solvant ou un dispersant approprié (diéthylamine...). Leur pourcentage massique est inférieur à 4 % dans le produit final.

Le dioxyde de titane nanométrique est également présent dans des systèmes de dépollution de l'air intérieur des bâtiments. Dans ce cas précis, il est fixé par trempage d'un média fibreux dans une solution TiO_2 nanométrique. Cette opération a lieu chez le fabricant de laine minérale.

SITUATION DU MARCHÉ DU BTP AUTOUR DU DIOXYDE DE TITANE

Les mélanges chargés en dioxyde de titane nanométrique sont destinés à intégrer la composition de différentes structures du BTP. Ils se répartissent suivant plusieurs catégories que l'on peut schématiser à partir de leur emploi dans la structure externe de bâtiments neufs et de bâtiments anciens, dans la structure interne des bâtiments ou d'ouvrages d'art et dans la voirie. En marge de ces applications, le TiO_2 nanométrique est également présent dans des systèmes de

dépollution de l'air intérieur des bâtiments.

LA STRUCTURE EXTERNE DE BÂTIMENTS NEUFS

Employé pour la dépollution de l'air ou un auto-entretien de la structure, le dioxyde de titane se retrouve intégré à des matériaux de construction aussi divers que le béton, le bitume ou le verre.

Dans le cas du béton, l'effet photocatalytique étant produit sur la couche externe soumise au rayonnement solaire, la majorité des réalisations sont des éléments architectoniques préfabriqués. Ils sont réalisés par dépôt d'une peau « photoactive » sur un béton ordinaire dans un moule de chantier fixe d'un établissement de préfabrication (cf. Figure 2). La préparation du béton photocatalytique est réalisée dans l'établissement de préfabrication. Les salariés des établissements de construction ne réalisent sur site que la mise en place de la structure préfabriquée. Ils peuvent cependant participer à la réalisation de structures décoratives non porteuses par coulage entre banches du béton photocatalytique. Dans ce cas, il est préparé sur le chantier de construction ou à proximité dans des centrales à béton à partir des matériaux pulvérulents.

Les autres matériaux photocatalytiques rencontrés (membranes d'étanchéité bitumineuse pour toiture, vitrage de fenêtre) sont manufacturés. L'introduction du dioxyde de titane nanométrique se fait sur le site industriel de fabrication. Il est effectué par mélange avec les liants dans le cas des membranes d'étanchéité bitumineuse ou par pulvérisation sur le verre fondu dans un procédé « float » de verrerie.

Il ressort qu'à l'exception des opérations de coulage de béton photocatalytique entre banches, les opérateurs du BTP n'effectuent que des opérations de pose de matériel de construction.

Par ailleurs, des projets de réalisation de toiture en textile technique photocatalytique se présentent selon le même séquençage : une production assurée sur les procédés d'enduction d'établissements de fabrication de textile technique et une mise en place sur site par le personnel d'entreprises de couverture/charpente.

LA STRUCTURE EXTERNE DE BÂTIMENTS ANCIENS

Le dioxyde de titane nanométrique est employé comme agent de traitement antisalissure. Pour ce faire, des enduits à base de chaux « photocatalytique » ou des vernis peuvent être appliqués sur les structures à rénover. Le mortier de chaux est préparé sur site par les opérateurs d'entreprises du gros œuvre de BTP, en particulier les enduiseurs et les crépisseurs.

L'application de vernis est effectuée au pinceau ou par pulvérisation HVLP (système « high volume low pressure ») par des opérateurs du second œuvre du BTP : peintres et ravaleurs notamment. Cette activité est également réalisée par les salariés des entreprises spécialisées sur les travaux de grande hauteur, en particulier les travaux sur corde.

Remarque : il est à noter que le même type de prestations d'utilisation d'un vernis photocatalytique est proposé pour l'entretien des panneaux photovoltaïques de parcs solaires pour en préserver leur efficacité en termes de rendement de conversion électrique.

LA STRUCTURE INTERNE DES BÂTIMENTS ET DES OUVRAGES D'ART

L'emploi du dioxyde de titane nanométrique combiné à un éclairage artificiel est envisagé pour la dépollution de l'air intérieur ou en espace confiné. Il vise, en particulier, l'assainissement de l'air et la destruction de la pollution microbienne (bâtiments publics, lieux de soin, laboratoires...). Deux procédés industriels émergent suivant deux modes : les stations autonomes ou les stations intégrées à des systèmes centralisés de type chauffage ventilation climatisation (système CVC). La mise en place de ces stations est le fait d'opérateurs du second œuvre du BTP parmi lesquels les électriciens ou les monteurs en gaines de ventilation ou en conditionnement d'air. A ce stade, la partie active constituée par les médias fibreux chargés en TiO_2 est encoffrée dans les stations de filtration. Seules les phases d'entretien apparaîtraient comme exposantes.

D'autres applications dans les matériaux de décoration intérieure (peinture, papier peint, textile) en sont au stade de projets de laboratoire et d'évaluation des performances.

FIGURE 3

A gauche, préparation d'un coulis photocatalytique. A droite, déversement et application du coulis sur l'enrobé de la route



Un développement similaire est en cours dans le cadre de la diminution de la pollution de l'air des tunnels routiers. Dans ce but, la structure interne du tunnel est recouverte par du béton catalytique. Un éclairage adapté à la vision routière et à l'entretien d'une réaction photocatalytique complète l'installation. La projection du béton catalytique est assurée par des salariés d'établissements travaillant dans le domaine du génie civil. Ils sont généralement en charge de la préparation du béton projeté par mouillage du ciment photocatalytique pulvérulent.

LA VOIRIE

L'utilisation du dioxyde de titane est destinée à la dépollution. Envisagée initialement sur les routes à forte présence automobile, son application s'étend aux trottoirs. Dans les deux cas, le dioxyde de titane nanométrique est déposé sous forme d'un coulis apparenté à un ciment photocatalytique sur un revêtement de route poreux. Ce type d'opérations est effectué par des salariés d'établissements de génie civil. La préparation du coulis est effectuée *in situ* par mouillage d'un mélange photocatalytique préconditionné (cf. Figure 3).

La présence de TiO_2 nanométrique se retrouve également aux abords immédiats des voies de circulation sous la forme de produits architectoniques préfabriqués : pavés autobloquants ou murs antibruit. Dans ce cas précis, les établissements de génie civil n'en réalisent que la pose.

DISCUSSION

Dans le secteur du BTP, l'exposition maximale concerne la manipulation du dioxyde de titane sous forme de produits pulvérulents ou de suspension liquide ; elle est liée aux tâches de :

■ réalisation de structures banchées en ciment photocatalytique ; soit potentiellement des salariés issus d'établissements de gros œuvre : secteurs NAF 41.20B (Construction d'autres bâtiments), 43.99C (Travaux de maçonnerie générale et gros œuvre de bâtiment) et 43.99D (Autres travaux spécialisés de construction). Les trois secteurs confondus regroupent 44 760 établissements et comptent 317 941 salariés* ;

■ réalisation en génie civil de chaussée photocatalytique ; soit potentiellement les salariés des établissements issus des secteurs NAF 42.11Z (Construction de routes et autoroutes), 42.13B (Construction et entretien de tunnels) et 42.99Z (Construction d'autres ouvrages de génie civil n.c.a). Les trois secteurs confondus regroupent 2 256 établissements et comptent 87 120 salariés* ;

■ pulvérisation de vernis et de peinture et l'application d'enduit en chaux chargée en TiO_2 catalytique ; soit potentiellement les salariés des établissements du second œuvre issus des secteurs NAF 43.34Z (Travaux de peinture et vitrerie) et 43.99D (Autres travaux spécialisés de construction). Les deux secteurs confondus regroupent 19 992 établissements et comptent 122 137 salariés*.

* Source : pôle emploi 2009

TABLEAU I

Données socio-économiques comparatives

Secteurs industriels NAF rév. 2, 2008	Établissements identifiés à la fin 2012 dans la fabrication de produits, de mélanges et produits semi-finis contenant du TiO ₂ nanométrique utilisés dans le BTP				Données générales sur les établissements du secteur NAF*	
	Nombre	Effectifs	Activité de l'établissement liée à l'emploi de TiO ₂ nanométrique	Tâches exposantes	Nombre	Effectifs
20.12Z	1	110	Production	Entretien, nettoyage de changement de production, ensachage	38	2 028
23.52Z	2	34	Production de ciment et de chaux	Ouverture de sac, nettoyage de changement de production, ensachage	64	1 348
23.61Z	11	629	Réalisation de structure architectonique, pavé, mur antibruit...	Dépotage, mélange malaxage, opérations de parachèvement de surface : ponçage, grattage, burinage	843	19 723
20.30Z	2	7	Fabrication de peinture, lasure, vernis	Mise à formulation, entretien	360	13 600
72.19Z					1 359	52 124
23.11Z	1	200	Fabrication de vitrage	Formulation, pulvérisation, entretien	18	1 827
23.99Z	1	136	Fabrication de couverture d'étanchéité bitumineuse	Ouverture de sac, transfert, mélange	346	7 484
23.19Z	1	70	Fabrication de nappe minérale	Dépôt du dioxyde de titane sur média fibreux, découpe de médias fibreux, conditionnement/expédition	193	2 709
27.90Z	3	25	Fabrication de système de dépollution de l'air ambiant	Encoffrement des médias fibreux	466	14 135

Actuellement, les deux premières tâches ne sont réalisées que par quelques établissements qui se sont saisis de ce marché de niches. Ainsi, seuls trois établissements de gros œuvre du BTP (NAF 43.99C) ont participé à des chantiers intégrant des opérations de coulées de ciment photocatalytique. De même, la réalisation de chaussées photocatalytiques n'est actuellement que la spécialité d'une équipe d'un établissement de génie civil. Le nombre de salariés impliqués dans ces deux activités a été évalué à moins d'une centaine.

En règle générale, les opérateurs du BTP sont amenés à manipuler exclusivement des produits finis ou semi-finis préfabriqués dans lesquels le dioxyde de titane est stabilisé dans une matrice ciment. L'incorporation du dioxyde de titane nanométrique est alors réalisée sur les chaînes de production de chantiers fixes (cas des matériaux architectoniques : pavés, murs antibruits, éléments de façade préfabriqués). Les salariés travaillant sur chantier de BTP (maçonnerie, couverture...) n'ont alors qu'une activité de mise en place des structures préfabriquées. Ils peuvent cependant faire l'objet d'une exposition lors de tâches d'abrasion du matériau (surfaçage, perçage ou découpage). Ce type d'organisation de travail s'étend à d'autres tâches de finition parmi lesquelles figurent :

■ la pose de vitre réalisée par des salariés des établissements du secteur 43.34Z (Travaux de peinture et vitrerie) ;

■ les travaux d'imperméabilisation et d'étanchéité réalisés par les salariés des établissements du secteur 43.99A (Travaux d'étanchéification) ;

■ les travaux d'installation d'équipement thermique et de climatisation réalisés par les salariés des établissements du secteur 43.22B (Travaux d'installation d'équipements thermiques et de climatisation).

Le risque d'exposition se borne aux établissements qui produisent ces produits semi-finis à partir de dioxyde de titane nanométrique pulvérulent.

Le *Tableau I* dénombre différents établissements impliqués dans la fabrication de produits semi-finis ou finis ou de mélanges utilisés dans le BTP. Ils sont mis en regard de l'ensemble des établissements et de la population de leur secteur NAF respectifs. Onze secteurs NAF sont concernés dont :

■ 2012Z. Fabrication de colorants et de pigments,

■ 2030Z. Fabrication de peinture, vernis, encre & mastic,

■ 2311Z. Fabrication de verre plat,

■ 2319Z. Fabrication & façonnage autre article en verre,

■ 2352Z. Fabrication de chaux et plâtre,

■ 2361Z. Fabrication élément en béton pour la construction,

■ 2399Z. Fabrication autres produits minéraux non métal non classés par ailleurs,

■ 2790Z. Fabrication d'autres matériels électriques,

■ 4120B. Construction d'autres bâtiments,

■ 4299Z. Construction autres ouvrages de génie civil non classés par ailleurs,

■ 7219Z. R&D : autres, sciences physiques & naturelles.

En l'absence de données sur le mesurage de l'exposition au poste de travail et de diffusion des aérosols nanométriques dans l'environnement de travail, la population des salariés de chacun des établissements impliqués dans la mise en œuvre a été considérée comme potentiellement exposée.

CONCLUSION

Les quantités de dioxyde de titane consommées dans les secteurs du BTP, quelques centaines de tonnes, témoignent d'une consommation encore modeste et cependant d'une maturité industrielle importante dans leur mise en œuvre.

Il ressort de cette enquête que le risque lié à la présence de dioxyde de titane est transféré principalement vers l'industrie manufacturière en charge de la fabrication de produits finis et semi-

finis mis en œuvre sur les chantiers de BTP. Sur ces derniers, l'exposition majeure est liée à la mise en œuvre des ciments photocatalytiques par les procédés classiques (malaxage, mouillage, coulée). Elle concerne, actuellement, une centaine de salariés parmi le gros œuvre du bâtiment et du génie civil. Ce nombre fait du dioxyde de titane un risque émergent dans le secteur du BTP qui s'ajoute à une coexposition avec d'autres agents chimiques rencontrés sur les chantiers (silice, poussière de bois, solvants...).

Par ailleurs, la présence de dioxyde de titane nanométrique n'est pas signalée ou n'apparaît pas dans la composition de certains produits finis, semi-finis ou de mélanges à base de dioxyde de titane nanométrique utilisé dans ce secteur. Ce manque d'informations, situé au niveau de la transformation, constitue une rupture dans la connaissance du cycle de vie de cet agent chimique. A ce titre, il génère une ignorance préjudiciable à la prévention au cours des manipulations des matériaux sur les chantiers de construction ou de démolition.

PERSPECTIVE

L'utilisation du dioxyde de titane nanométrique dans le BTP constitue un marché potentiel important qui se décline suivant deux axes liés :

■ au développement durable pour l'aspect dépollution de l'air et de la restauration d'une qualité de l'air, [12, 13] ;

■ à la réduction de la fréquence d'entretien des bâtiments pour l'élimination des dépôts de particules à leur surface.

Ainsi, le dioxyde de titane nanométrique est sur le point d'être utilisé dans la politique de lutte contre le réchauffement climatique et son corollaire : la lutte contre les îlots de chaleur en milieu urbain lors des canicules [14, 15]. Pour ce faire, il est envisagé de recourir à l'utilisation de dioxyde de titane pigmentaire pour augmenter l'albédo des bâtiments (fraction de l'énergie solaire réfléchie vers l'espace). Dans ce contexte, pour maintenir un état de propreté des surfaces réfléchissantes et leurs performances dans le temps, du dioxyde de titane nanométrique serait adjoint dans

les mélanges déposés. Cet emploi constitue la perspective de croissance la plus importante du marché du dioxyde de titane nanométrique. A contrario, l'emploi du dioxyde de titane dans les peintures d'intérieur ou dans les nappes minérales des systèmes de filtration autonome CVC (chauffage, ventilation et conditionnement de l'air) est actuellement retardé. Ceci est dû au manque de performances dans la tenue des matériaux, du choix des sources artificielles d'irradiation et à l'innocuité des produits secondaires générés à l'intérieur des bâtiments. Ce dernier aspect a été souligné par l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) qui a émis plusieurs recommandations concernant l'utilisation des CVC [16].

Reçu le : 19/10/2012

Accepté le : 05/11/2012

BIBLIOGRAPHIE

[1] AITKEN R.J., CREELEY K.S., TRAN C.L. - *Nanoparticles: An occupational hygiene review*, HSE, research report 274, 2004, 113 p.

[2] PLITZKO S., GIERKE E. - *Tätigkeiten mit Nanomaterialien in Deutschland*, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 2007, pp. 419-424.

[3] BOCCUNI F., RONDIONE B., PETYX C., LAVICOLI S. - *Potential exposure to manufactured nanoparticles in Italy*, Journal of cleaner production, 2008, pp. 949-956.

[4] GAFFET E. et col. - *Les nanomatériaux - Sécurité au travail : Rapport du groupe de travail de l'Afsset*, Saisine 2006/006, AFSSET, 2008.

[5] SCHMID K., DANUSER D., RIEDIKER M. - *Swiss Nano-Inventary, An assessment of the usage in Swiss Industry, final report*, édition IST, 2008, 55 p.

[6] HONNERT B., VINCENT R. - *Production et utilisation industrielle des particules nanostructurées*, Hygiène et sécurité du travail, 209, ND 2277, 2007, 23 p.

[7] HONNERT B., GRZEBYK M. - *Enquête sur l'utilisation industrielle des nano-objets : difficulté d'identification par les établissements*, Hygiène et sécurité du travail, 222, ND 2340, 2011, p. 3-7.

[8] SCENIHR *Scientific Basis for the Definition of the term "Nanomaterial"*, 2010, 43 p.

[9] Décret n° 2012-232 du 17 février 2012 relatif à la déclaration annuelle des substances à l'état nanoparticulaire pris en application de l'article L. 523-4 du code de l'environnement.

[10] *Study on waste printer cartridges collection and treatment in France* - ADEME. 54 p.

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?sort=1&cid=96&m=3&id=79961&ref=14227&noca che=yes&pi=111> (consulté le 10 octobre 2012).

[11] SAVARY B. - *Reconditioning of laser printer cartridges-Assessment of occupational exposure to toner dust in four facilities*, Journal of Occupational and Environmental Hygiene - article soumis au 10 octobre 2012.

[12] site du projet Picada consulté le 10 octobre 2012 : www.picadaproject.com/domino/SitePicada/Picada.nsf?OpenDatabase

[13] Projet Photopaq, <http://photopaq.ircelyon.univ-lyon1.fr/Objetives>

[14] COTS P., HERBERT S., BOSSIO S., MUNOZ R. - *Modèles urbains durables, méthodologie de travail et résultats*, Institut de la méditerranée, 2012, 332 p.

[15] MARTINEAU G. - *Analyse du cycle de vie des impacts environnementaux découlant de l'implantation de mesures d'atténuation d'îlots de chaleur urbain, rapport final*, CIRAIG, 2012, 118 p. http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1322_ACVImpactsEnvironImplanMesuresAttenuIlotsChaleurUrbains.pdf (consulté le 10 octobre 2012).

[16] OQAI - *L'épurateur pour photocatalyse, opportunité ou menace pour la qualité de l'air intérieur ?* bulletin de l'OQAI, n°4, juin 2012, 12 p.