

## Étude de cas

# UNE INTERVENTION ERGONOMIQUE DANS UNE ENTREPRISE UTILISANT DES NANOMATÉRIAUX

---

CATHERINE L'ALLAIN,  
SANDRINE CAROLY  
Université Grenoble-Alpes

---

ÉRIC DRAIS  
INRS,  
département Homme au travail

---

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Si l'utilisation des nanomatériaux dans de nombreux secteurs d'activité représente un enjeu technologique et économique important, elle pose également des questions quant aux effets sur la santé de ces matériaux aux propriétés singulières (Cf. Encadré 1).

Dans ce contexte d'innovations et d'incertitudes, la construction d'une démarche de prévention des risques liés à la manipulation de nanomatériaux est souvent attendue par les salariés. Or, les témoignages de démarches et les retours d'expérience sont encore rares. Cet article présente le cas d'une intervention ergonomique dans une entreprise du secteur agroalimentaire amenée, à la demande d'un client, à fabriquer du papier contenant des nanoparticules. Les salariés du laboratoire de recherche et développement (R&D) de l'entreprise, chargés d'étudier les caractéristiques du produit, ont refusé de le manipuler. À la demande du CHSCT de l'entreprise, l'INRS est intervenu afin de mieux comprendre les pratiques réelles de travail et d'aider à mettre en œuvre, au cas par cas, une démarche de prévention adaptée au risque potentiel. Sur ces matériaux nouveaux, la confrontation des acteurs de l'entreprise à l'activité de travail transforme leurs représentations et favorise le débat sur les mesures de prévention à construire.

### → L'INTERVENTION ERGONOMIQUE

L'entreprise accompagnée est française et appartient au secteur agroalimentaire. Son activité est centrée autour de la valorisation de matières agricoles, riches en amidon, pour la production d'une gamme étendue de produits utilisables dans de nombreux secteurs alimentaires et industriels (nutrition humaine et animale, pharmacie et cosmétologie, papier carton et adhésifs, chimie et bio-industries).

Le service commercial est sollicité par un client papetier qui souhaite utiliser un produit innovant sous forme nanostructurée (particules de dioxyde

de titane [TiO<sub>2</sub>] enrobées dans des nanoparticules de carbonate de calcium [CaCO<sub>3</sub>]). L'entreprise demande au laboratoire de tests physico-chimiques de son département R&D de caractériser les effets de l'intégration de ces nanoparticules au papier.

Mais les salariés du laboratoire refusent de manipuler ce produit sous forme nanostructurée. Le département R&D décide alors de solliciter l'INRS pour analyser les caractéristiques nanométriques du produit. Le CHSCT de l'entreprise, alerté par les salariés, souhaite quant à lui des informations sur les risques liés aux nanomatériaux afin de mener une campagne de communication et de prévention. Le travail de caractérisation réalisé par l'INRS confirme la granulométrie des nanoparticules de CaCO<sub>3</sub> située entre 40 et 100 nm, enrobant des particules de TiO<sub>2</sub> de 0,2 µm. Les particules libres sont rares et les agrégats nombreux. Ces observations génèrent une controverse dans l'entreprise sur l'appartenance ou non du produit à la catégorie des nanomatériaux et sur ses dangers potentiels, le TiO<sub>2</sub> étant classé cancérigène possible pour l'homme (Circ groupe 2B) et le CaCO<sub>3</sub> non toxique, mais irritant pour la peau et les yeux. L'introduction de nanomatériaux dans cette entreprise se traduit donc par une situation conflictuelle entre les salariés et le management et par une difficulté de dialogue social entre les partenaires sociaux et la direction. Après accord du CHSCT, il est proposé un accompagnement supplémentaire de la Carsat et de l'INRS dans l'analyse des pratiques de manipulation de produits nanostructurés et dans la mise en place d'un dispositif de prévention des risques liés aux nanomatériaux, en lien avec les représentations et les activités des techniciens du laboratoire.

### Méthodologie

L'intervention débute par une analyse de la demande et l'élaboration d'une démarche associant les parties intéressées au sein d'un « comité opérationnel » (les salariés et le responsable du laboratoire) et d'un « comité d'experts »

(composé de décideurs: responsable du laboratoire, responsable études toxicologiques, responsable R&D, responsables sécurité et médecin du travail). Le déroulement de l'intervention est schématisé dans la figure 1.

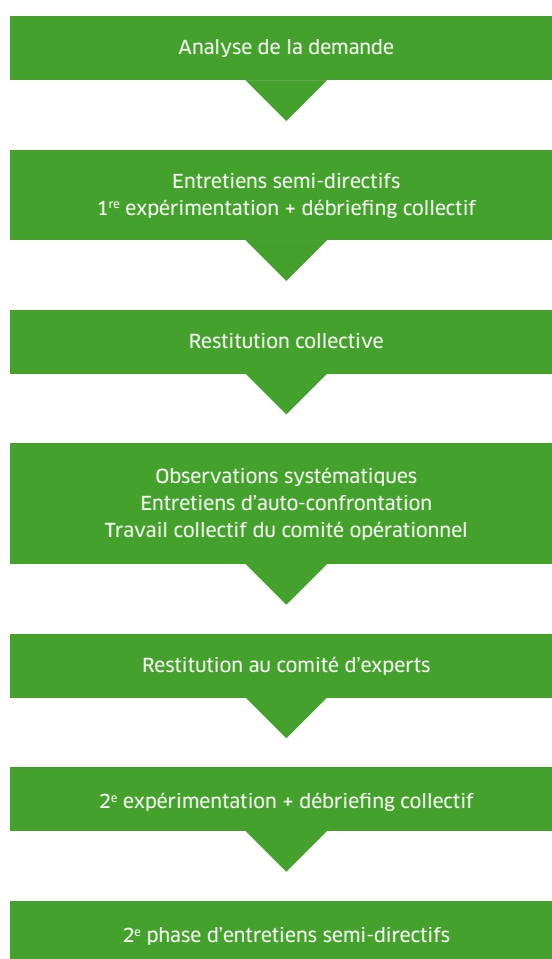
Les méthodes suivantes ont été employées:

- des entretiens semi-directifs avec différents acteurs de l'entreprise (responsable sécurité, membres du CHSCT, médecins du travail, animateurs/correspondants sécurité, toxicologue, responsables des laboratoires, agent de maîtrise, personnels du laboratoire) afin de comprendre les représentations du risque lié aux nanomatériaux. L'analyse de ces entretiens nous a permis de réaliser un état des lieux de la situation actuelle: « histoire » des nanomatériaux dans l'entreprise, mobilisation des acteurs autour de cette question, multiplicité des représentations du risque lié aux nanomatériaux, dispositif de prévention existant, évolution de l'entreprise, etc. Une seconde phase d'entretiens individuels a été réalisée en fin d'intervention avec pour objectif de reconnaître, dans le discours, les transformations des représentations du risque lié aux nanomatériaux et des manières de faire de la prévention;
- des observations ouvertes et systématiques des activités de travail dans le laboratoire afin de les comprendre et, notamment, d'identifier les sources de variabilité et la diversité des pratiques dans l'activité future de manipulation des nanomatériaux. Les principales phases d'activité ont ainsi été observées ainsi que deux situations de simulation, organisées par l'entreprise. Elles ont permis d'identifier les difficultés essentielles que pose la manipulation de produits nanostructurés;
- des entretiens d'auto-confrontation avec les techniciens du laboratoire, à partir des observations réalisées, afin d'envisager, avec chacun d'entre eux et pour chaque phase d'activité, les ajustements nécessaires pour manipuler des produits nanostructurés et pour imaginer des solutions de prévention possibles;
- des phases de travail collectif (débriefing à la suite des expérimentations, réunion du comité opérationnel, restitution au comité d'experts) pour confronter les différentes propositions d'amélioration identifiées par les salariés du laboratoire et aider les acteurs à se projeter dans l'activité future de manipulation des nanomatériaux.

## Résultats

### Une situation initiale conflictuelle qui s'explique par des différences de représentations

Les entretiens révèlent des différences de représentations du risque lié aux nanomatériaux entre



←FIGURE 1  
Déroulement  
de l'intervention.

les acteurs rencontrés, ces divergences constituant un obstacle à l'introduction dans le laboratoire d'un nouvel adjuvant sous forme nanostructurée. Deux représentations s'opposent.

### Une vision indifférenciée des nanomatériaux et l'appel au principe de précaution

Les acteurs de l'entreprise qui travailleront à proximité des nanomatériaux et qui seront susceptibles d'y être exposés invoquent le principe de précaution. À travers des craintes et des inquiétudes, ils expriment une demande d'information qui les amène à suspendre la manipulation de ces particules: « *Les nanos, tant qu'on ne sait pas, il vaut mieux s'en méfier* » (agent de maîtrise), « *On s'inquiétait pour notre santé* » (technicienne), « *Les nanos, c'est l'amiante de demain* » (agent de maîtrise).

De plus, ces craintes sont partagées au sein de l'équipe de travail du laboratoire et relayées par les partenaires sociaux: « *J'ai peur pour les gens qui devraient en manipuler de façon permanente, en grosses quantités* » (agent de maîtrise), « *On se soucie les uns des autres* » (technicienne), « *Il est hors de question qu'on signe un chèque en blanc* » (membre du CHSCT).



ENCADRÉ 1

**TOXICITÉ, RÉGLEMENTATION, PRÉVENTION : CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LES NANOMATÉRIAUX**

À l'échelle nanométrique (entre 1 et 100 nanomètres environ), la matière montre des propriétés physiques, chimiques, biologiques, optiques, etc. singulières rendant possible la fabrication de matériaux aux caractéristiques inédites.

L'utilisation des nanomatériaux est donc en plein essor et permet de nombreuses applications innovantes, notamment dans les secteurs de l'industrie et des produits de santé :

- dioxyde de titane dans les bétons afin d'apporter des propriétés autonettoyantes ;
- fumées de silice dans les pneumatiques pour une meilleure résistance au roulement ;
- nanotubes de carbone dans les équipements sportifs afin d'accroître leur légèreté et leur résistance ;
- nanoargent dans les textiles et les matériels ménagers comme bactéricide.

Le développement de ces nombreuses applications s'accompagne d'incertitudes, en particulier quant aux effets des nanomatériaux sur la santé. Les connaissances sur la toxicité des nanomatériaux montrent, à travers de nombreuses études toxicologiques, que certains nano-objets ont des effets toxiques plus importants que les mêmes objets

à l'échelle micro- ou macroscopique, notamment du fait de leur taille, leur réactivité de surface ou encore leur bio-persistance [1-3].

Des nanoparticules inhalées ou ingérées peuvent franchir certaines barrières biologiques (nasale, bronchique, alvéolaire) et migrer vers différents organes *via* le sang et la lymphe (processus de translocation). La pénétration à travers la peau est également possible.

Des controverses existent sur les effets des nanomatériaux sur la santé pour plusieurs raisons :

- les études pratiquées sont essentiellement réalisées *in vitro* ou *in vivo* chez l'animal, et leur transposition à l'homme soulève des questions ;
- les études sont spécialisées sur certains types de nanomatériaux (par exemple, dioxyde de titane, nanotubes de carbone), dans une approche au cas par cas. Or, dans la réalité, les phénomènes rapides d'agglomération des nanoparticules peuvent rendre difficile la prévision de leur comportement non seulement dans l'air mais également dans l'organisme, et ce tout au long de leur cycle de vie (à l'état libre, incorporées dans un produit fini, libérées lors de l'usage du produit

ou lors de son vieillissement, etc.) ;

- les nanoparticules manufacturées se trouvent dans l'atmosphère avec des nanoparticules naturelles, qui créent un bruit de fond, parfois très important, rendant difficile l'évaluation des expositions.

La diversité des définitions applicables au terme de « nanomatériau » rend par ailleurs difficile la mise en place d'une législation spécifique quant à leur fabrication et à leur manipulation mais aussi à leur caractérisation et à l'évaluation des expositions possibles.

En l'absence de réglementation spécifique, les nanomatériaux étant des substances chimiques, les règles relatives à la prévention du risque chimique sont, aujourd'hui, celles qui sont appliquées. De nombreux guides de bonnes pratiques ont également été publiés [4, 5] reposant principalement, du fait des incertitudes évoquées précédemment, sur la réduction de l'exposition au niveau le plus bas possible, par exemple par l'utilisation de moyens conventionnels de ventilation ou d'aspiration. La prévention n'est toutefois pas seulement technique, elle est également organisationnelle.

**Une approche au cas par cas et une prévention adaptée**

Certains acteurs (en particulier décideurs) privilégient l'approche « au cas par cas » des nanomatériaux et souhaitent des mesures de prévention adaptées à chacun d'entre eux : « *D'autres précautions seraient à prendre pour d'autres molécules de structure différente* » (responsable de laboratoire), « *Il faut s'adapter au risque réel* » (responsable de laboratoire).

Certains négligent même ce risque par rapport à d'autres, cette « banalisation » [6] accentuant le conflit de logiques entre les différents acteurs de l'entreprise : « *Il y a des nanos qu'on trouve dans la nature et on vit avec* » (responsable de laboratoire). Paradoxalement, ce conflit de représentations qui, initialement, constitue un frein à la construction collective d'une démarche de prévention, va devenir un levier pour l'action de prévention.

**Des observations qui aident à l'anticipation de l'activité future**

Les observations systématiques des principales phases d'activité ont permis de mettre en évidence :

- des différences de pratiques, de gestes professionnels entre les salariés du laboratoire ;
- des écarts avec les modes opératoires préconisés et rédigés par les salariés du laboratoire, surtout dans le port des équipements de protection individuels ;
- des déplacements importants du fait de la configuration des locaux, essentiellement entre le lieu de la manipulation et les éviers ;
- de fortes interactions entre les salariés du laboratoire et l'extérieur. De nombreux échanges informels ont lieu entre les membres du laboratoire à propos des études qu'ils réalisent, des manipulations, des actualités de l'entreprise, etc.



© Gaël Kerbaol/NRS

Préparation d'une colle pour professionnels, contenant des nanoparticules de silice.

Ils reçoivent également régulièrement de la visite, des personnes venant simplement les saluer, emprunter du matériel, déposer des produits pour des études, entretenir quotidiennement les locaux, etc.

De même, l'observation des deux simulations de manipulation a apporté des données utiles. En particulier, lors de la première expérimentation, les personnels du laboratoire se sont eux-mêmes mis dans une situation difficile et non anticipée d'exposition aux nanomatériaux, qui a permis de mettre en évidence leurs difficultés et leurs questions vis-à-vis de leur manipulation future :

- Fait-on comme d'habitude ou faut-il changer nos déplacements et nos modes opératoires ?
- Quels sont les matériels adaptés ?
- Comment mettre le masque ?
- Comment gérer les éventuelles perturbations (éclaboussures, dysfonctionnement de l'agitateur magnétique) ?
- Que faire des déchets ?
- Qu'est-ce qu'un bon nettoyage (verrerie, plan de travail) ?

Ces observations sont l'occasion de débattre au sein de l'équipe sur la façon de manipuler la poudre contenant des nanoparticules. Ainsi, les situations

THÈME	PROPOSITIONS DE SOLUTIONS DE PRÉVENTION
Espace de travail	Réorganisation et gain de place sur les paillasse. Délimitation de l'espace de manipulation. Limitation des déplacements.
Manipulation	Limitée à la sorbonne (pour préparation slurry, matière sèche). Matériel dédié et approprié (Pot twist off fermé, barreaux aimantés neufs, pot inox de plus grande contenance). Nettoyage par voie humide.
Formation et Information	Formation du personnel de laboratoire. Habillage/déshabillage. Formation du personnel d'entretien des locaux. Information par affichage lors des manipulations. Information du personnel de maintenance.
EPI	À adapter en fonction de l'exposition et des différentes phases de manipulation : masque, gants, lunettes, blouse et surblouse.

← **TABLEAU 1**  
Solutions de prévention proposées par les salariés du laboratoire.



d'expérimentation et les résultats d'analyse des observations systématiques des activités de travail ont favorisé les échanges collectifs sur les moyens à engager pour manipuler le produit nanostructuré. Les salariés confrontés à leur activité de travail quotidienne envisagent peu à peu l'activité future avec manipulation de produit sous forme nanostructurée et proposent, individuellement puis collectivement, des mesures de prévention qui sont par la suite validées par le comité d'experts de l'entreprise (Cf. Tableau 1).

Il est à noter que la majorité des actions proposées par les salariés sont proches des règles de manipulation des produits chimiques et, plus récemment, des bonnes pratiques préconisées en laboratoire pour la manipulation des nanomatériaux. Par exemple :

- séparation entre les espaces bureautiques et les espaces de manipulation ;
- création d'un espace dédié à la manipulation des nanomatériaux auprès de la sorbonne ;
- limitation des déplacements au sein du laboratoire par le réaménagement des paillasses ;
- gain de place sur les paillasses.

La prise en compte des activités de travail dans la conception d'une démarche de prévention des risques liés aux nanomatériaux a permis de penser à la fois l'amélioration de l'activité quotidienne et l'anticipation d'une activité impliquant l'usage de nanomatériaux.

### Discussion

Il n'est pas nécessaire d'attendre de lever toutes les incertitudes liées aux nanomatériaux pour renforcer la prévention. Cette intervention met en évidence comment la prise en compte des représentations et du travail réel des salariés permet des transformations de l'évaluation du risque lié aux nanomatériaux comme des transformations des situations de travail, tout en préservant les points d'appui construits, par exemple le collectif de travail ou la diversité des pratiques professionnelles.

Comme le rappelle Béguin, « *c'est surtout l'absence de statut accordé au travail des opérateurs dans la conduite même du changement qui est facteur de risque* » [7]. Aujourd'hui, les membres du laboratoire ont mis en lien le risque avec leur activité de travail. Ils envisagent l'activité future avec le produit nanostructuré plus sereinement même s'il reste des incertitudes.

À travers l'accompagnement de cette entreprise, nous observons que les nanomatériaux constituent un objet central pour discuter de l'activité de travail et des moyens de prévention. Les réunions collectives avec l'ensemble des salariés du laboratoire, les débriefings après les expérimentations ou encore les réunions du comité d'experts interne ont été autant de lieux d'échange et de régulation pour la construction d'une démarche de prévention. Ces espaces de débat collectif ont été primordiaux dans la construction individuelle et sociale des représentations du risque lié aux nanomatériaux. Dans un contexte à la fois d'innovations et d'incertitudes quant aux effets sur la santé des nanomatériaux, cette démarche donne à réfléchir sur les conditions tant d'évaluation des risques que de mise en œuvre de la prévention.

L'intervention ergonomique a pu ainsi contribuer à transformer les représentations à partir de l'action et favoriser la prévention à travers des débats sur les activités de travail. ●

### Remerciements

Les auteurs remercient la Carsat et l'entreprise dont il est question dans cet article, qui ont permis cette intervention. Ils remercient également les membres du programme de recherche pluridisciplinaire, partenariat entre l'INRS et le laboratoire Pacte (Université Grenoble-Alpes), associant des chercheurs spécialisés en métrologie et en prévention du risque chimique et des chercheurs en sciences humaines et sociales, relevant de l'ergonomie et de la sociologie.

## BIBLIOGRAPHIE

[1] **ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS AUX NANOMATÉRIAUX.** Anses, Enjeux et mise à jour des connaissances. Rapport n°2012-SA-0273, 2014.

[2] **LES NANOMATÉRIAUX.** Définitions, risques toxicologiques, caractérisation de l'exposition professionnelle et mesures de prévention. INRS, ED 6050, 2012.

[3] **GAFFET E.** Nanomatériaux : Une revue des définitions, des

applications et des effets sur la santé. Comment implémenter un développement sûr. Comptes Rendus Physique, 12(7), 648-658, 2011.

[4] **NANOMATÉRIAUX.** Guide de bonnes pratiques favorisant la gestion des risques en milieu de travail. IRSST, R-840, Etudes et recherches, 2014.

[5] **GUIDE DE BONNES PRATIQUES.** Nanomatériaux et HSE. UIC, CP Chimie Promotion, 2009.

[6] **DRAIS E.** La prévention à l'épreuve de l'incertitude: l'exemple de la précaution à l'égard des nanoparticules. INRS, *Hygiène et Sécurité du Travail*, n° 216, 53-58, 2009.

[7] **BÉGUIN P.** Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs: une approche développementale. *Le travail humain*, 70(4), p. 369-390, 2007.



# Préventica

CONGRÈS // SALONS

## SANTÉ / SÉCURITÉ AU TRAVAIL

■ L'événement de référence en France

# SANTÉ/SÉCURITÉ

# QUALITÉ DE VIE AU TRAVAIL

LILLE EUROPE | RENNES GRAND OUEST | 2016  
7,8,9 JUIN | 4,5,6 OCT

3 JOURS | 380 EXPOSANTS | 100 CONFÉRENCES | 9 000 VISITEURS



Sous le Haut Patronage du Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation Professionnelle et du Dialogue Social\*



EXPOSER +33 (0)5 57 54 12 65 • DEVENIR PARTENAIRE +33 (0)5 57 54 38 26 • INFORMATION & INSCRIPTION GRATUITE

[www.preventica.com](http://www.preventica.com) Code LRM38T

\*En cours de renouvellement pour 2016