

Revue de l'approche de l'analyse du cycle de vie des nanoparticules appliquée à la santé humaine et à l'environnement

Par

Majda Narjes Bencherif

Étudiante à la Maîtrise

Département de Santé environnementale et santé au travail

Université de Montréal

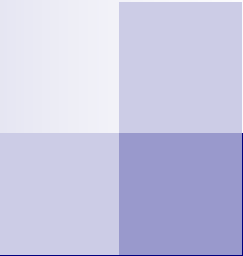
Plan de la présentation

- Objectifs et méthodologie de travail
- Définition du champ de l'étude
- Analyse de l'inventaire
(cycle de vie et réalisation de l'inventaire)
- Évaluation des impacts
(consommateurs, travailleurs, environnement)
- Discussion
- Conclusion et recommandation



« il y a plein de place en bas de l'échelle »

Prix Nobel de physique Richard Feynman (1959)



mais cet engouement pour cette technologie révolutionnaire s'est fait sans connaître les impacts potentiels sur la santé et l'environnement.

Objectifs

- Comprendre l'approche de l'analyse du cycle de vie comme outil d'évaluation des impacts potentiels.
- Appliquer cette approche à un produit lui-même encore à l'étude.
- Examiner les caractéristiques des nanoparticules à prendre en considération.
- Inventorier et regrouper les résultats en catégories
- Évaluer les impacts potentiels sur la santé humaine et l'environnement.
- Élaborer des recommandations en présence d'incertitudes et d'un manque d'informations

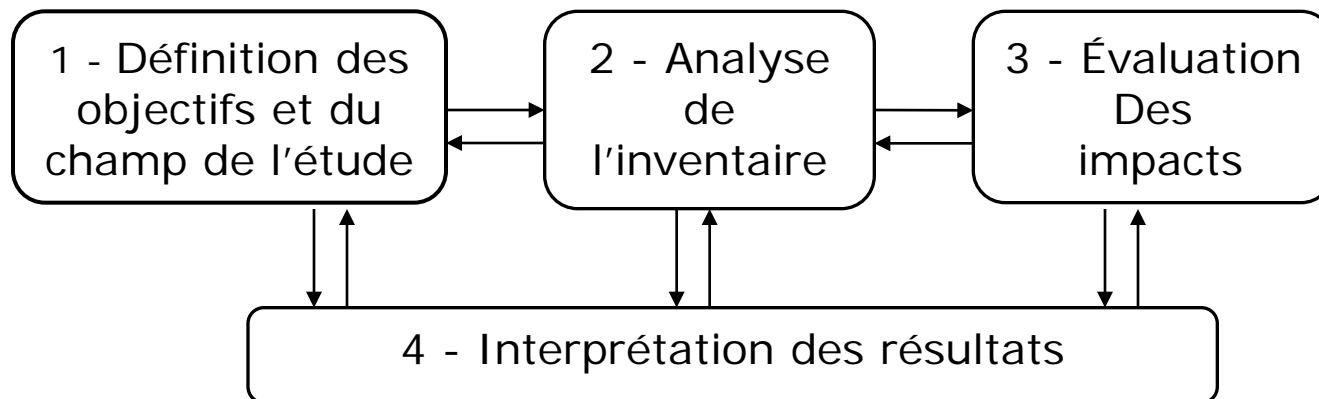
Méthodologie

- Surtout les articles de 2007 à 2010
- Plusieurs auteurs (Oberdörster; Maynard; Nowack) ont réédité de nouvelles versions de leurs articles ou livres (2008-2010).
- Visite des sites Internet: ACS, AFSSA, AFSSET, EPA, IRSST, ISO, Nanoforum, NIOSH, REACH, SCENIHR, SETAC, UNEP....
- Rapports et compte rendus de conférences: NanoRisk Framework., The Project on Emerging nanotechnologies, débat publics
- Bases de données: MedLine, Toxline, PubMed
- Moteur de recherche: google scholar

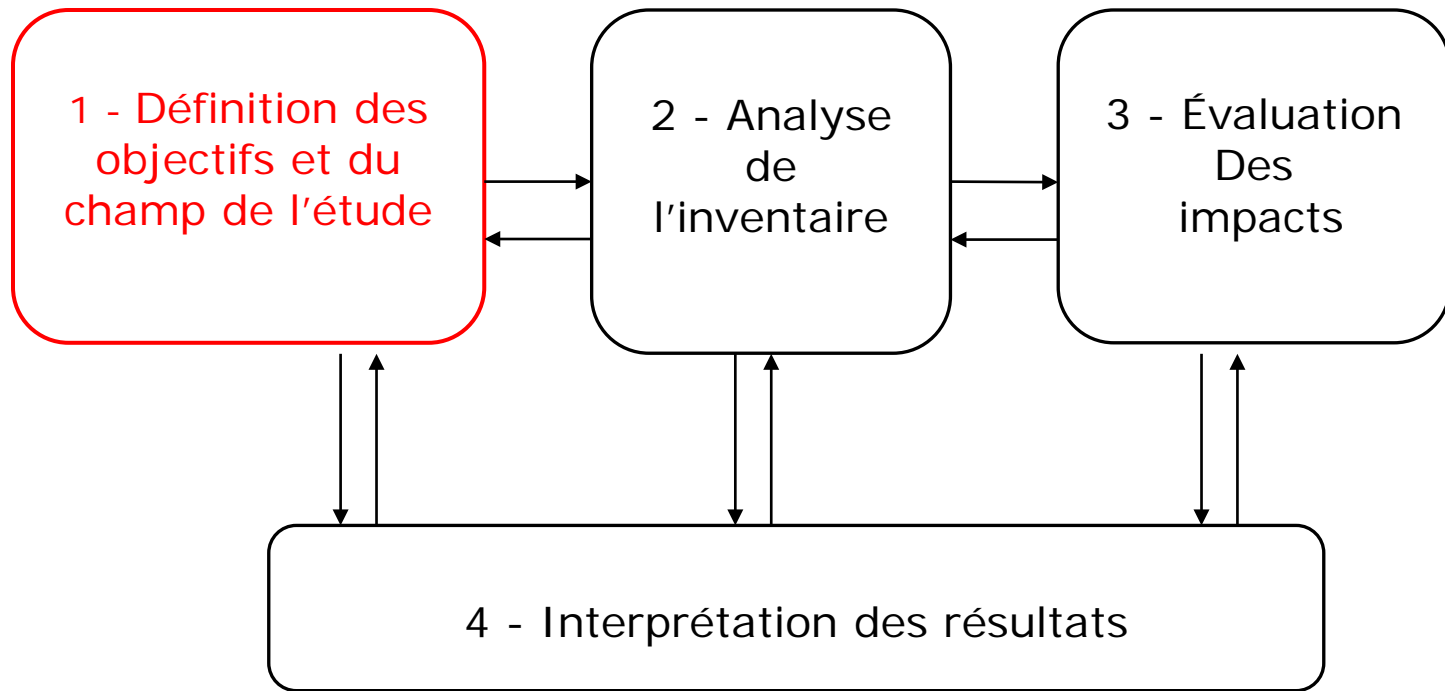
ANALYSE DU CYCLE DE VIE

(ISO 2006, ISO 2009).

- Quantifier les impacts d'un produit, un bien, un service ou un procédé du berceau au tombeau.
- Anticiper, reconnaître, évaluer et contrôler les risques d'exposition pour une meilleure maîtrise et gestion des nanotechnologies
- La norme ISO 14044:2006 fournit toutes les exigences et lignes directrices nécessaires pour le bon déroulement de ces étapes



Les étapes de l'ACV



DEFINITION DES OBJECTIFS ET DU CHAMP (norme ISO 14040 - 2006)

le champ de l'étude doit être bien défini et indiquer sans ambiguïté

L'application envisagée

l'application de l'approche de l'ACV au nanoparticules et produit issus de la nanotechnologie.

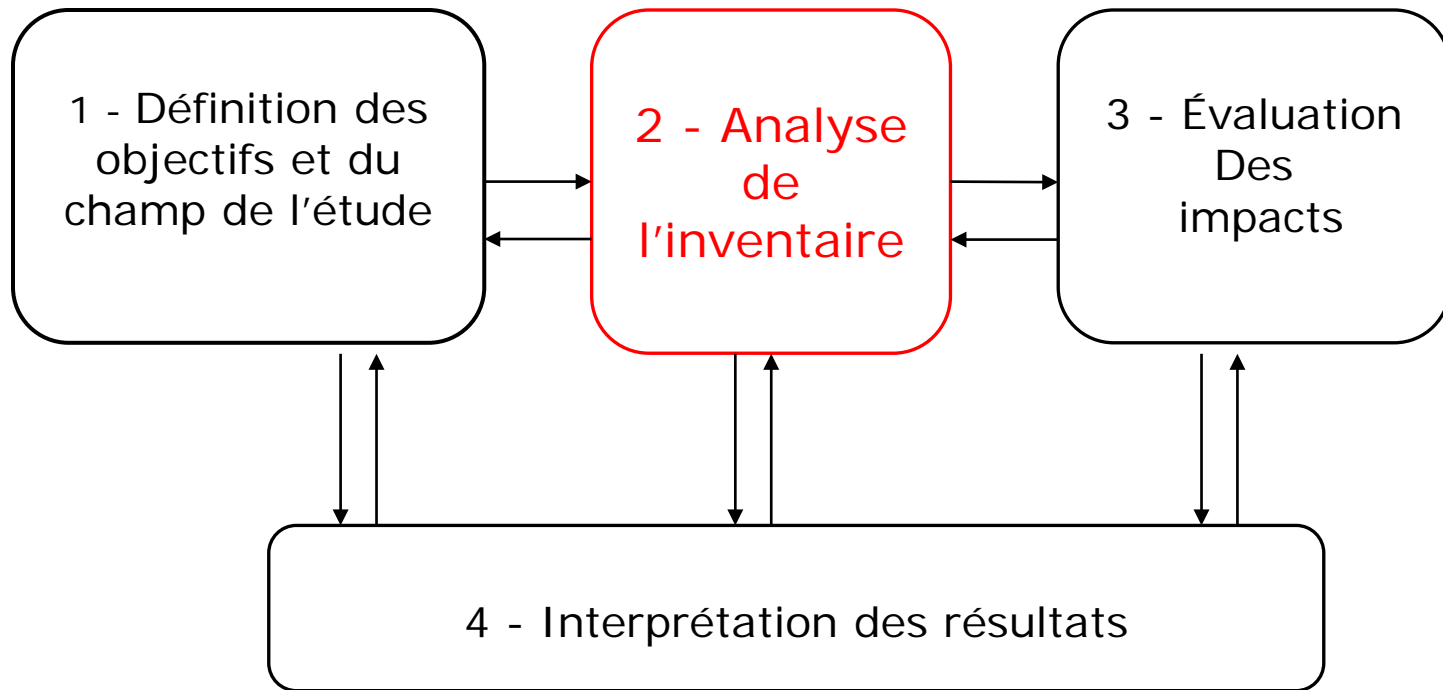
Les raisons conduisant à réaliser l'étude

mieux connaître et comprendre les impacts potentiels des NPs sur l'environnement et la santé humaine

Le public concerné

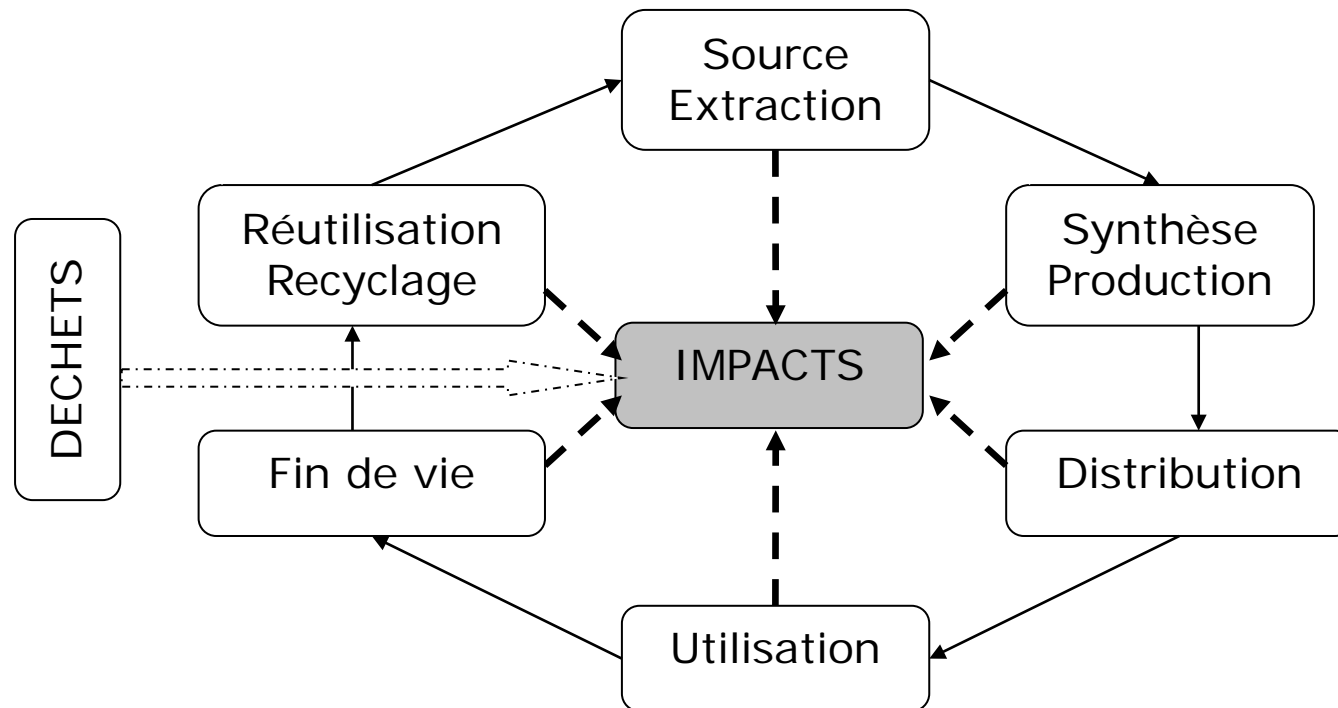
toute personne pouvant être en contact avec les NPs est concernée.

Ils doivent être informé des résultats de l'étude, des avantages et désavantages des nanotechnologies.



LE CYCLE DE VIE (ISO, UNEP)

- Représente la vie d'un produit du «berceau au tombeau».
- Toutes les étapes sont prises en considération



❖ Remplissage, conditionnement, entreposage et transport

La production des nanoparticules

(Projet cadre sur les risques NANO, Afsset 2008, IRSST 2008, Paul Schulte et al 2008)

Il existe deux approches pour la synthèse des nanoparticules :

- L'approche ascendante (Bottom up) : c'est un assemblage atome par atome, molécule par molécule ou agrégat par agrégat.
- L'approche descendante (Top down) : consiste à réduire les systèmes existants jusqu'à atteindre des dimensions nanométriques.

Durant la phase de synthèse et quelle que soit le procédé choisi, il faut prendre en considération les risques possibles pour la santé et la sécurité des travailleurs.

La production des nanoparticules (suite)

Exemples de procédés et les risques possibles

Procédés	Risques
Pyrolyse laser; Frittage; Technologie sol-gel	Risques de dissémination.
Évaporation / Condensation sous pression partielle	Risques de dissémination Explosion et incendie
Réaction en milieu liquide	Renversement accidentel, Dispersion de fines gouttelettes
Fluide super critique	Risques de dissémination Risques d'explosion
Procédés mécaniques	Fuites des équipements

La production des nanoparticules (suite)

.(Khanna et Al. 2008).

- En plus des risques, ces procédés :
 - Nécessitent une consommation élevée d'eau et d'énergie
 - l'utilisation de précurseurs ou de solvants (très toxiques)
 - Ils conduisent à la formation d'impuretés et génèrent de grandes quantités de déchets
- Selon le procédé utilisé, un même matériau peut donner lieu à des produits différents avec un cycle de vie propre à chacun.
- Il serait intéressant d'évaluer et comparer les procédés de fabrications afin d'anticiper les risques => réduction ou élimination à la source.

Utilisation (comment et dans quelles conditions)

- une crème doit être étalée en couche mince (transparence et capacité à pénétrer la peau) => ne risque-t-on pas d'en mettre plus qu'il n'en faut et dans ce cas ci ou s'en va l'excédant s'il n'est pas absorbé par la peau?
- L'excédant se retrouve dans l'eau de la douche ou de la baignade, ensuite dans le système d'évacuation des eaux usées et dans les unités de collecte et de traitement des eaux. Enfin, ils peuvent terminer leur course dans les lacs, les rivières etc.
- Quel est l'impact dans le cas d'enfants utilisant ce type de produits?
- Une étude sur les NPs d'oxyde de zinc a démontré qu'une quantité équivalente à 2 g de crème solaire est toxique pour les cellules du colon

Les nanomatériaux en fin de vie

(Wiesner and Bottero, 2007)

Au niveau de la population, les NPs ou produits contenant des NPs en fin de vie sont considérés soit comme:

- des produits aptes au recyclage
- des déchets sans prendre en considération leurs devenir.

Au niveau des industriels, on a deux attitudes:

- Soit ils utilisent les données de sécurité des matériaux préexistants dont sont faites les NPs sans prendre en considération leurs nouvelles caractéristiques et propriétés physicochimiques particulières .
- Soit ils considèrent les NPs comme des substances potentiellement dangereuses et les manipulent avec les équipements classiques.

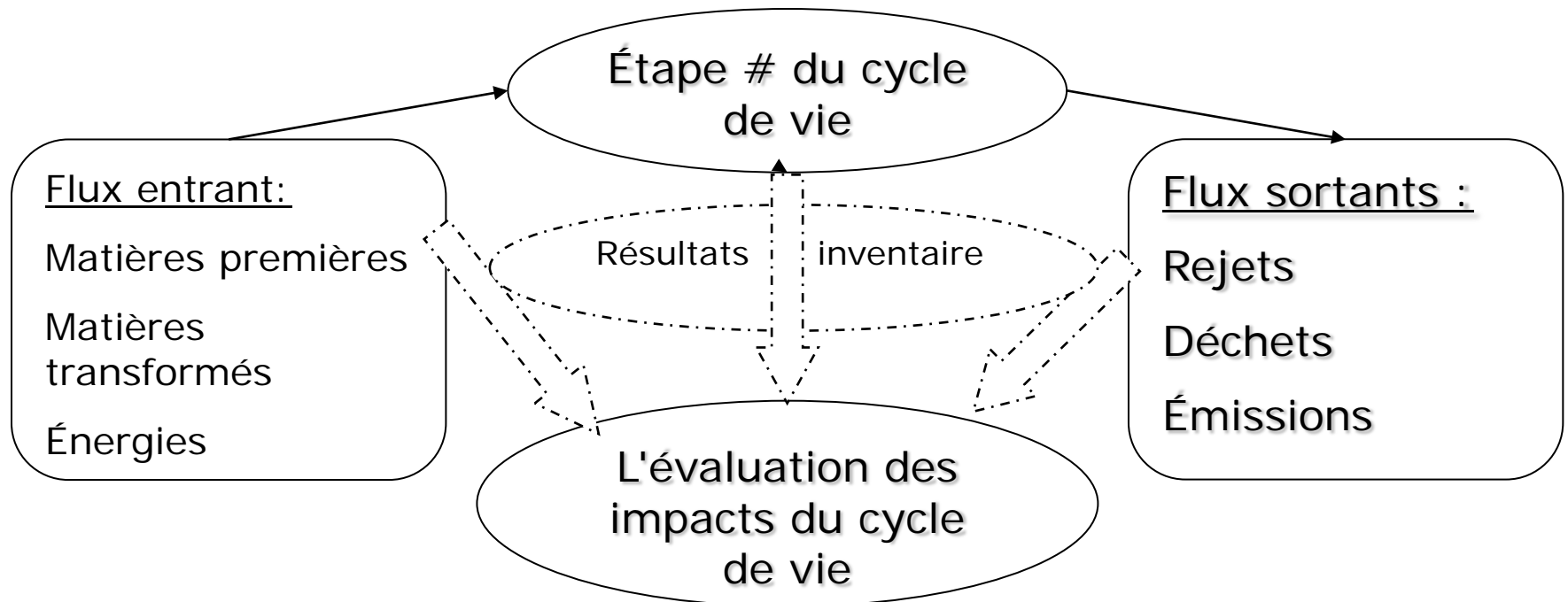
Les nanomatériaux en fin de vie (suite)

(Ophélie Zeyons, ORDIMIP, 2009)

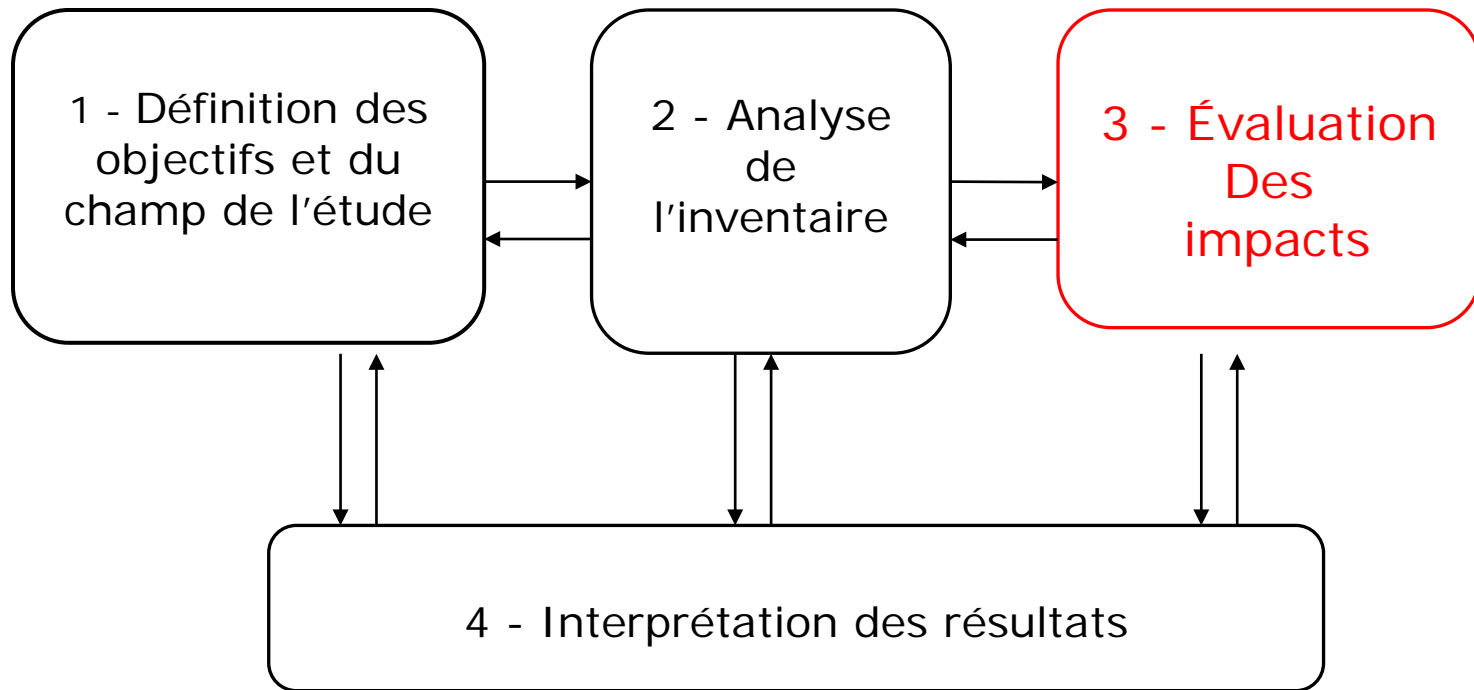
- Ces attitudes ne sont pas sécuritaires et augmentent les risques d'exposition des travailleurs et les impacts sur l'environnement.
- Mais ni la population ni les industriels n'ont le choix car aucune législation à ce sujet n'existe jusqu'à maintenant.
- Lors d'un débat public (France), une mise en garde a été émise concernant:
 - les décharges, les incinérateurs ou les stations de traitement d'eaux
 - et les NPs qui peuvent se retrouver dans les eaux rejetées, les boues résiduelles et les lixiviats (source potentielle non négligeable de contamination de l'environnement)

Réalisation de l'inventaire

On procède à l'inventaire de tous les flux entrants et sortants



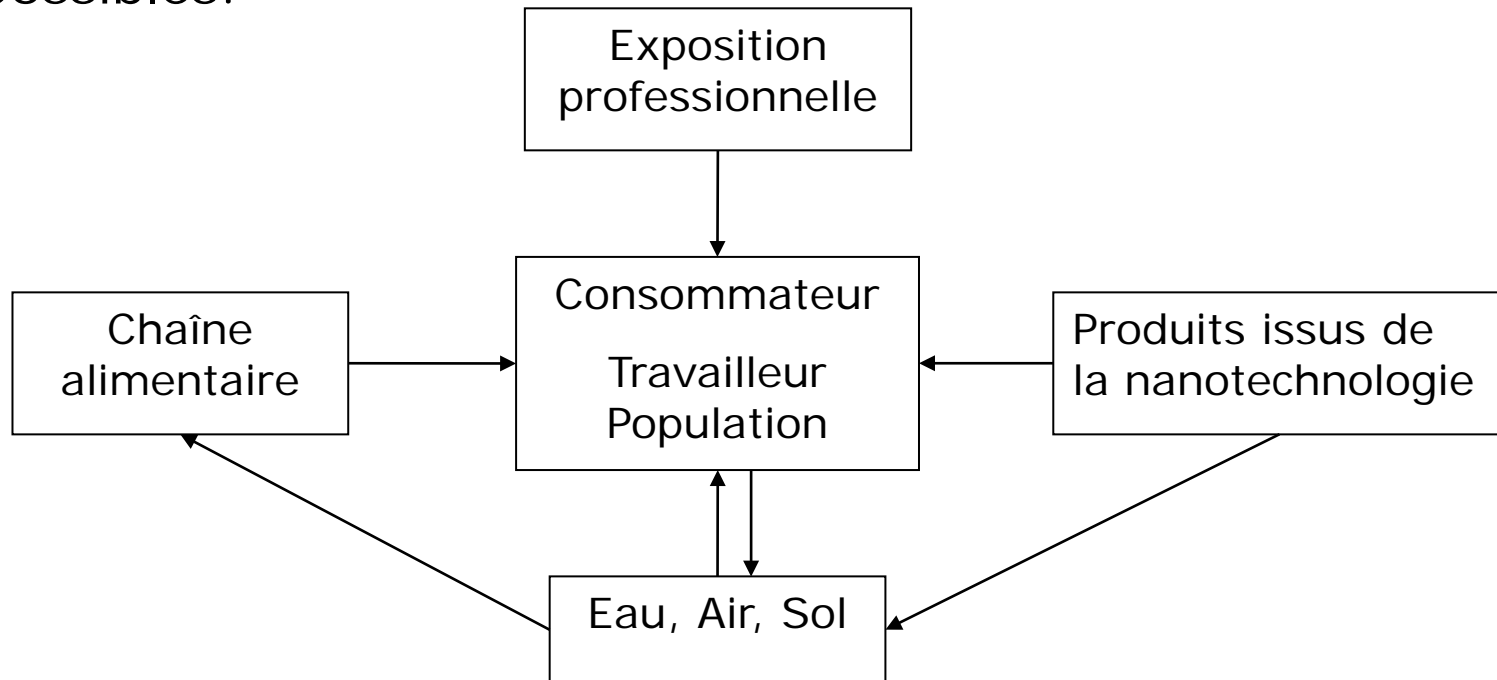
Il faut aussi intégré aux résultats les informations disponibles dans la littérature concernant les caractéristiques des nanoparticules et les données sur l'exposition de la population et l'environnement.



ÉVALUATION DES IMPACTS

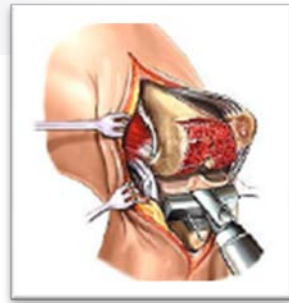
(AFSSA, SCENIHR, IRSST 2008).

- Tri et interprétation des résultats afin de mieux comprendre et anticiper les impacts possibles.
- Établir ensuite tous les scénarios d'expositions et d'impacts possibles.



A ce jour, il n'existe pas encore un scénario de référence pour les NPs et les produits issus des nanotechnologies.

Évaluation des impacts chez le consommateur (suite)



Les NPs immobilisés à l'intérieur ou à la surface des implants chirurgicaux posent un risque potentiel en présence de possibilité de dégagement dû :

- ❑ aux processus chimiques continus
- ❑ et/ou à l'effort mécanique à l'interface des implants et des tissus environnants

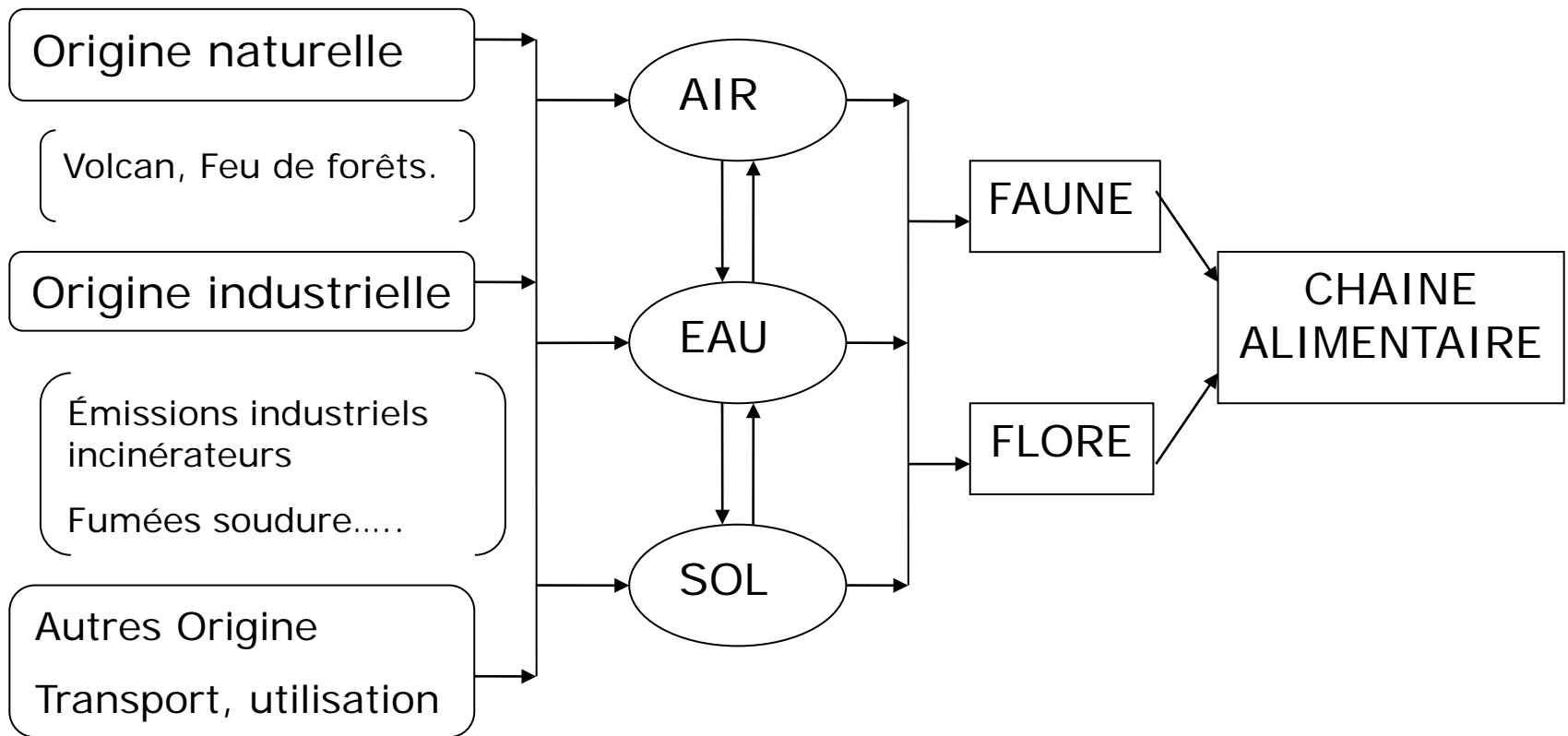
En 2009, l'équipe de Charles Patrick Case de l'hôpital Southmead de Bristol (Royaume-Uni) a démontré que des nanoparticules en alliage de cobalt-chrome (≈ 30 nm de \varnothing) utilisées dans des prothèses médicales de hanche peuvent endommager l'ADN de cellules situées au-delà d'une barrière cellulaire sans la franchir.

Évaluation des impact chez les travailleurs

(NIOSH, 2009, Paul Schulte, 2008)

B E R C E A U ↓ T O M B E A U	Extraction et synthèse des matières premières	Inhalation, Contact cutané, Digestion Contamination environnement (air, eau, sol)
	Conception et production	Inhalation, Contact cutané, Digestion Contamination des surfaces
	Emballage et distribution	Inhalation, Contact cutané, Digestion Contamination des surfaces, Environnement
	Utilisation et maintenance	Inhalation, Contact cutané, digestif Contaminations diverses, Environnement
	Incinération et mise en décharge	Inhalation, Contact cutané, Contamination environnement (air, eau, sol, chaîne alimentaire)
	Recyclage et réutilisation	Inhalation, Contact cutané, digestif, Environnement

ÉVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT



La libération des NPs dans l'environnement

- Rejets liquides, gazeux ou solides lors de la production
- NPs déposés intentionnellement dans le sol (décontamination de l'eau et des sols)
- Eaux usées, boues des stations d'épuration et matières en suspensions rejetées dans les rivières, eau de ruissellements

Il est important de savoir que chaque type de NPs possède une affinité à un ou plusieurs médias environnementaux.

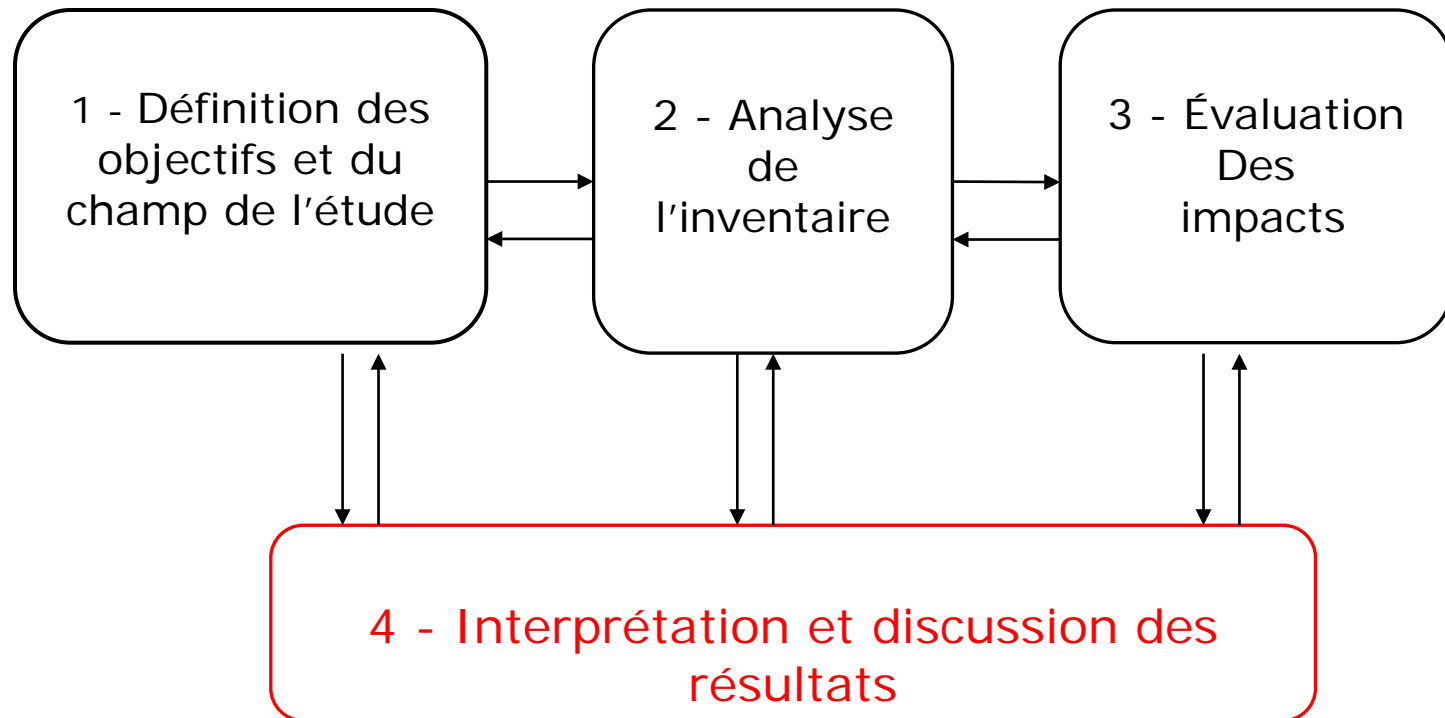
Types de NPs	Air	Eau surface	Eaux usées	Sol
TiO ₂ , oxyde de zinc, fullerènes	X	X	X	
Quantum dots	X	X	X	
Fer, Nanotubes de carbones		X	X	X
Argent		X		X

Les impacts des Nanoargents

(Paul Born, CEA)

Les chaussettes neuves contiennent une quantité d'Ag supérieure plusieurs centaines de fois à ce qui est nécessaire.

- 90 % des NPs tombent dès la première utilisation (avant lavage). On recommande de les porter dans des chaussures neuves ainsi les NPs vont revêtir l'intérieur des chaussures.
- Dans le secteur textile (chaussettes) la quantité libérée est estimée (1 et 50 tonnes) alors qu'il ne représente que 10% du marché.
En UE, l'activité textile et plastique représente à elle seule 15% de l'Ag relargué dans l'eau.
- Qu'en est-il des autres produits existant sur le marché?
Quelle est la quantité réelle d'argent relargué et sous quelle forme (NPs ou ions d'argent).



DISCUSSION

(Brice Laurent, 2010).

Les obstacles rencontrés lors de l'application de l'approche du cycle de vie

1. Le fabricant n'est pas contraint de dévoiler les constituants ni les procédés de fabrication d'un produits sous l'égide du droit au secret de fabrication.
- En 2006, l'AFSSET a établi un programme sous forme d'un questionnaire basé sur le principe de volontariat
 - En 2008, cette initiative a été suivie par l'EPA, mais seulement un faible pourcentage d'industriels a répondu au questionnaire.

Face à cette absence d'informations claires et transparentes, l'approche du cycle de vie demeure l'outil idéal.

DISCUSSION (SUITE)

2. un point important est à prendre en considération soit à quel moment et à quel niveau doit on limiter notre inventaire des flux ou produits secondaires.
 - Si notre limitation est trop stricte, n'allons nous pas omettre des phases importantes voire à risques et fausser les résultats.
 - De même, un inventaire trop exhaustif ne va-t-il pas nécessiter un surplus d'heures de travail et des coûts élevés.
3. la présence d'incertitudes et d'hypothèses en raison de l'absence d'une bonne qualité des données et une harmonisation des méthodes de recherches.

La SETAC démontre cet enjeu par:

**Qualité des données de l'ICV x Qualité de la méthode ACV
= Qualité des résultats de l'ACV**

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'ACV est un outil d'aide à la décision

une lampe de poche qui met en lumière les étapes les plus à risques (production, utilisation, fin de vie)

Afin de consolider cet acquis, il faut :

- Considérer chaque type de NPs comme unique et que le comportement varie en raison de la diversité, des propriétés et selon les étapes du CV.
- Recourir à des normes et standards afin d'établir une base de données de référence, une harmonisation et une meilleure communication
- Établir un système d'étiquetage international (traçabilité, comment procéder pour les produits en fin de vie)

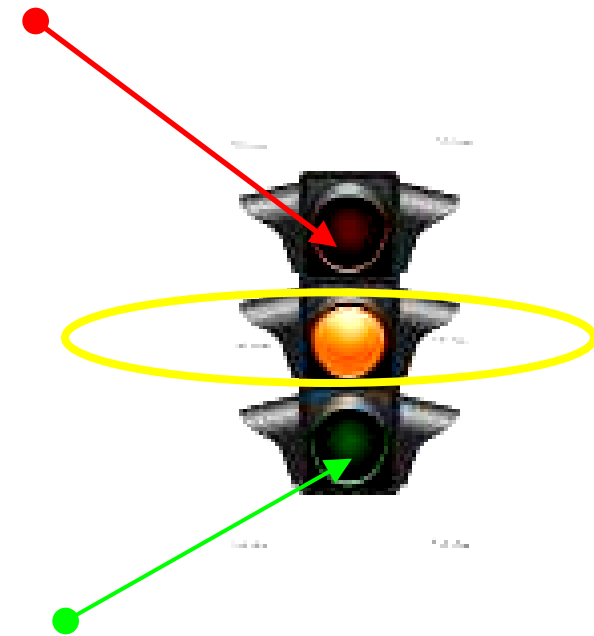
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

- Tous les résultats doivent faire l'objet de débats publics afin de répondre aux inquiétudes du public dans un langage simple et clair.
- Suivre l'exemple de la France qui s'est donné comme objectif, d'ici 2 ans :
 - d'imposer une déclaration obligatoire sur la fabrication, l'importation et la mise sur le marché de produits issus des nanotechnologies ainsi que la présence ou non de risque de relargage de NPs.
 - de s'engager à une meilleure information du public sur les risques et les mesures qui seront prises pour leurs prévention tout en préservant le secret industriel. (Grenelle de l'environnement 1-2).

Bien que les études sur les nanoparticules n'aient soulevé aucun drapeau rouge

Et en raison des inconnus qui persistent il est impossible de dire que

les nanotechnologies sont exemptes de risques



Merci pour votre attention



et bonne réflexion sur les NPs au large et
leurs impacts sur la santé humaine et
l'environnement

**Mercredi 12 janvier 2011
de 12 h à 12 h 25
Pavillon Marguerite-d'Youville, salle 4032**

Revue de l'approche de l'analyse du cycle de vie des nanoparticules appliquée à la santé humaine et à l'environnement

Conférencière : Majda BENCHERIF, étudiante à la maîtrise (travail dirigé)
Directeur : Claude Emond, professeur au département
Codirecteur : Adolf Vyskocil, professeur au département

Résumé

L'engouement pour les nanotechnologies s'est fait sans connaître les risques sur la santé humaine et l'environnement.

Une revue de la littérature scientifique a été effectuée (Pubmed, conférences, débats publics..). Plusieurs études ont démontré l'existence de risques d'expositions durant le cycle de vie d'un produit.

Ce travail représente une compréhension de l'analyse du cycle de vie et son application à l'étude des nanoparticules et leurs impacts potentiels.

Toutes les étapes du Cycle de Vie (les matières premières, la production, le transport, l'usage, l'élimination et le recyclage) sont prises en considération ainsi que les caractéristiques des nanoparticules.

Afin de mieux comprendre et anticiper les impacts potentiels et établir tous les scénarios possibles, nous avons regroupé les résultats en trois catégories : consommateurs, travailleurs et environnement. En présence d'incertitudes et d'un manque d'informations, plusieurs organismes recommandent une démarche de précaution, l'établissement d'un système d'étiquetage international ainsi qu'une meilleure gestion des déchets contenant des nanoparticules.