

---

# La pensée "cycle de vie" au cœur des démarches d'éco-conception des procédés

---

LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE

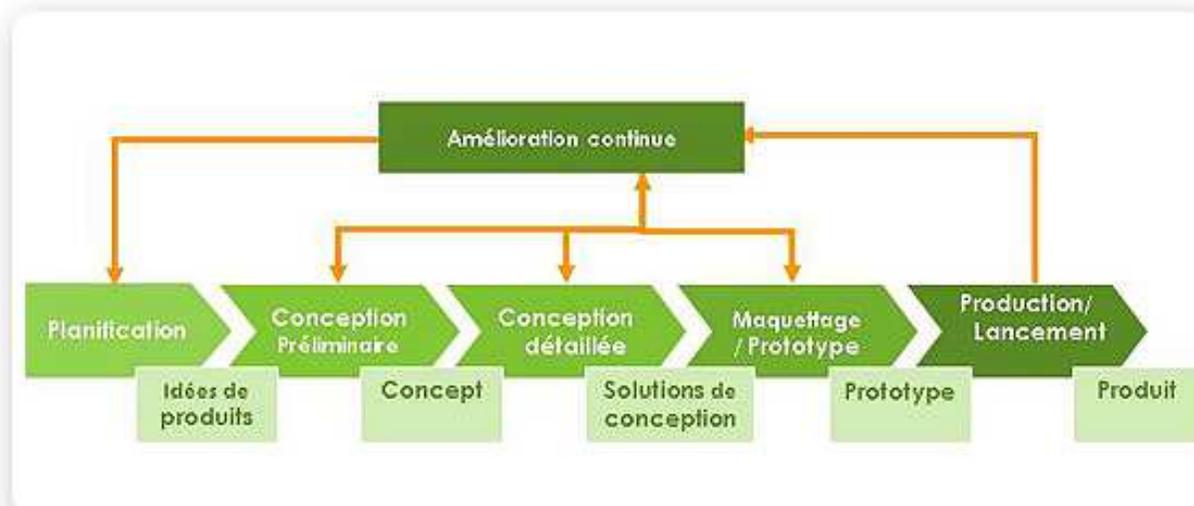
*Procédés et développement durable*

A. Léonard

a.leonard@ulg.ac.be

# Éco-conception ?

- Fusion entre *écologie* et *conception*
  - Intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits
  - Produit = bien ou service



<http://ecoconception.oree.org/le-processus-de-conception-et-l-environnement-en-question.html>

- Approche globale « multi-étapes » et « multicritères »
  - Prise en compte de toutes les étapes du **cycle de vie** d'un produit
  - Prise en compte de nombreux types **d'impacts environnementaux**

# Éco-conception ?

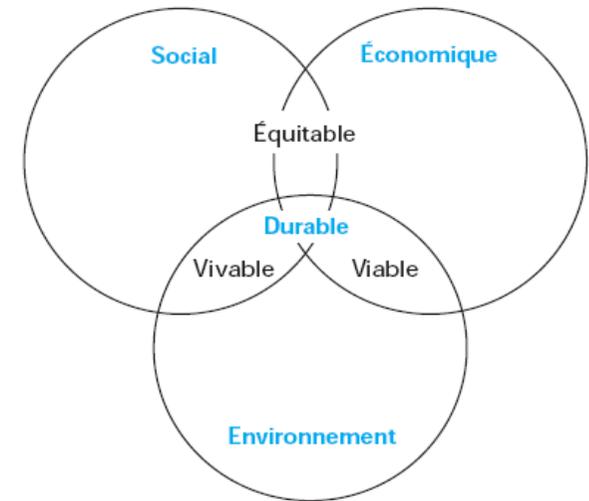
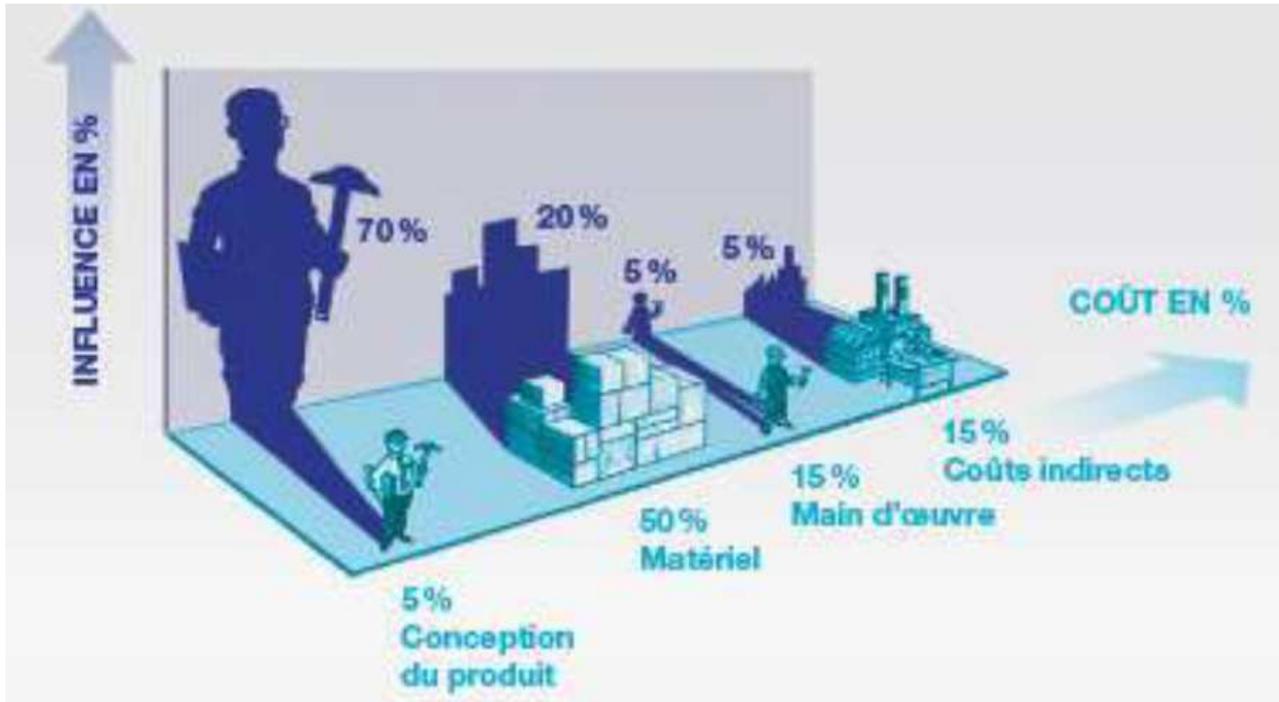
- Approche préventive
  - Prévention/réduction à la source des impacts environnementaux



- Favorise éco-innovation, éco-créativité

# Éco-conception et développement durable

- Partie 'viable' du développement durable
  - Intersection entre sphères « économique » et « environnement »



Techniques de l'Ingénieur,  
Développement durable :  
implication pour l'industrie

L'écoconception, source d'innovation dans l'approche cycle de vie;  
l'expérience du Québec, Guy Belletête, Congrès ACV, Lille, 4/11/2011

# Éco-conception et « chimie durable » ?

- 1991 – EPA, U.S. Environmental Protection Agency, lance premier programme de recherche en chimie durable dite verte
  - Naissance du concept « Green Chemistry »
    - Concevoir des produits et des procédés chimiques permettant de **réduire** ou d'**éliminer** l'utilisation et la synthèse de **substances dangereuses**
  - **Réduire** et **prévenir** la **pollution** à la source, **minimiser les risques** et optimiser l'efficacité des choix chimiques

# Éco-conception et « chimie durable »

- 1998 – 12 principes de la « Green Chemistry » publiés par Anastas et Warner (Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998)
  1. **Prévention de la pollution**
  2. Economie d'atomes
  3. Concevoir des méthodes de synthèses moins dangereuses
  4. Concevoir des **produits chimiques moins toxiques**
  5. **Limitier l'utilisation des solvants**
  6. **Minimiser la dépense énergétique**
  7. **Utiliser les ressources renouvelables**
  8. Réduire le nombre de dérivés
  9. Utiliser de préférence des procédés catalytiques
  10. Concevoir les produits en vue de leur dégradation finale
  11. Suivre et contrôler les réactions chimiques à l'aide de méthodes analytiques procédant en temps réel, de façon à éviter toute pollution
  12. Pratiquer une chimie fondamentalement plus sûre pour minimiser les risques d'accident

# Stratégies d'éco-conception

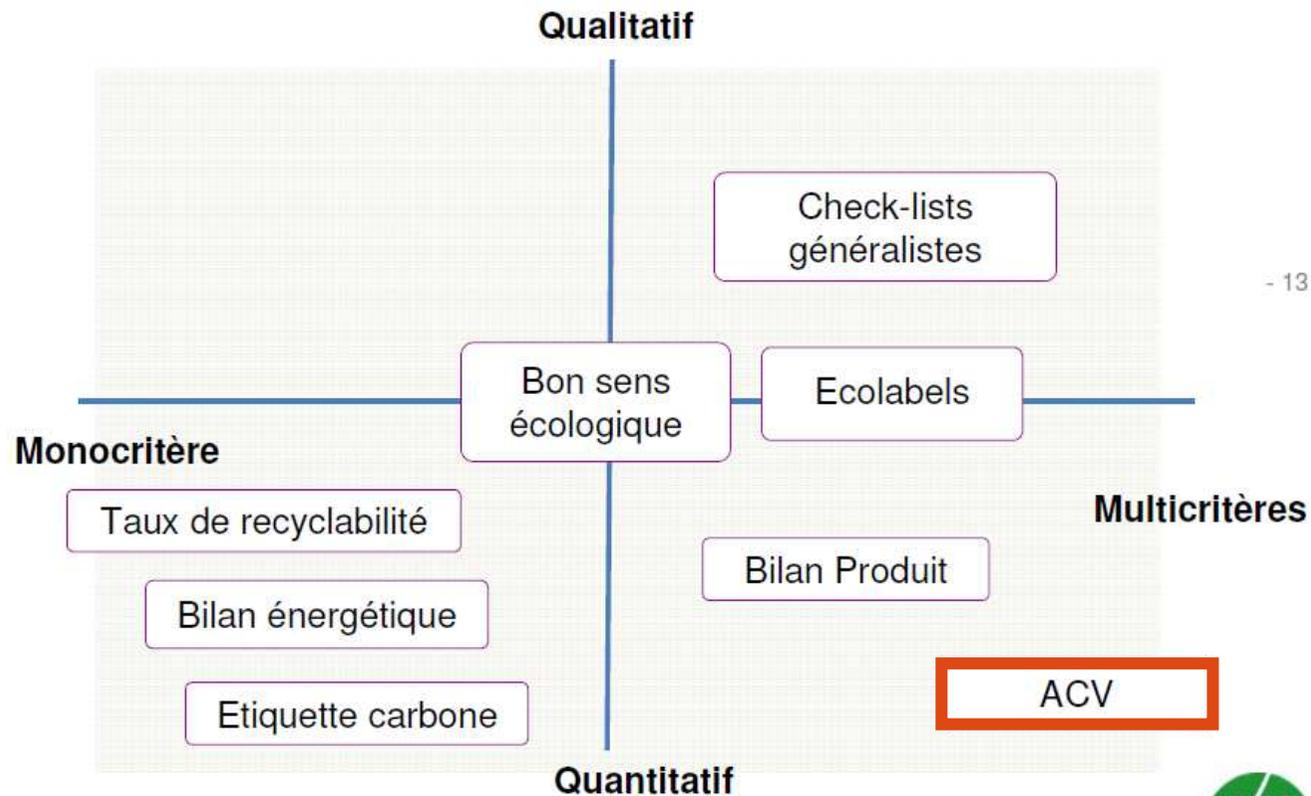
- Choix de matériaux peu impactants
- Réduction de l'emploi de matériaux
- Techniques de production propres
- Optimisation du système de distribution
- Réduction de l'impact en phase d'utilisation
- Accroissement de la durée de vie
- Optimisation des traitements en fin de vie
- Optimisation des fonctions du produits

Besoin d'outils d'évaluation

<http://www.ecosociosystemes.fr/ecoconception.html>

# Les outils d'éco-conception

- Diversité des outils permettant d'établir le profil environnemental d'un produit



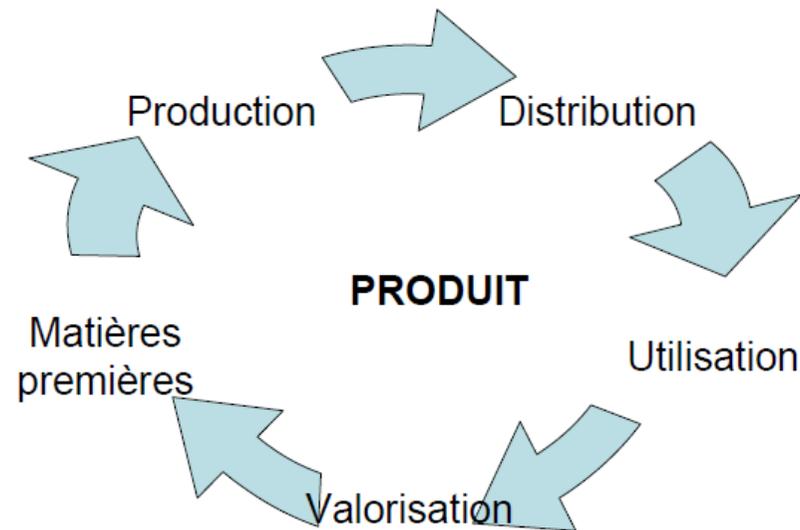
- 13 -

Eco-Conception : Principes et outils, J.-B. Puyou, 5<sup>ème</sup> rencontres des Eco-industries, Niort, 25-26 novembre 2009.



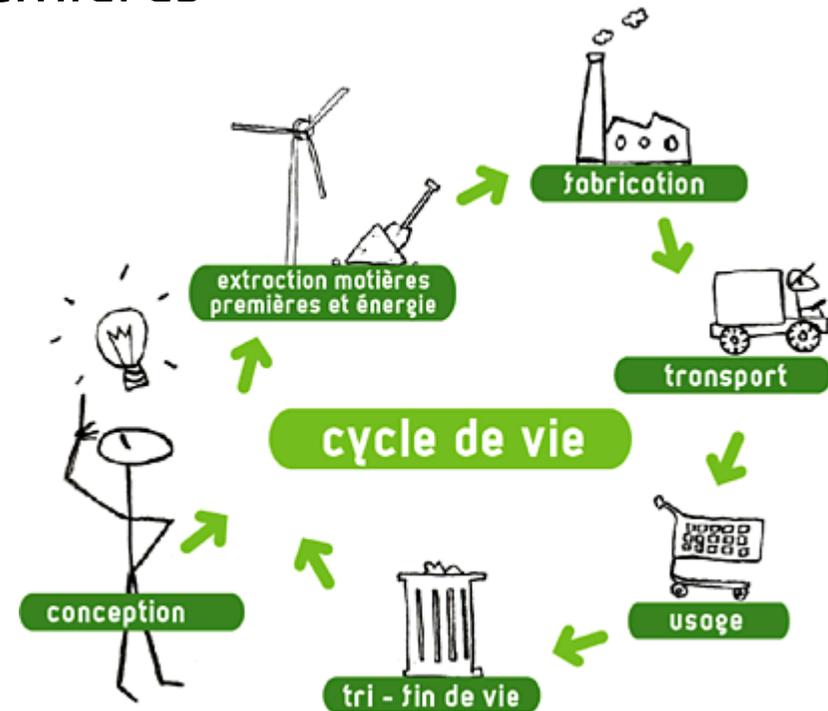
# Analyse du cycle de vie ?

- Cadre général défini par la norme internationale ISO 14040
  - « étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit, de l'acquisition de la matière première à sa production, son utilisation et à sa destruction »
  - Produit = produit, activité, système ou procédé



# Analyse du cycle de vie

- Le cycle de vie du produit comprend
  - ❑ Extraction des matières premières
  - ❑ Production
  - ❑ Transport
  - ❑ Distribution
  - ❑ Utilisation
  - ❑ Entretien
  - ❑ Réutilisation ou recyclage
  - ❑ Élimination finale
- Approche « du berceau à la tombe »

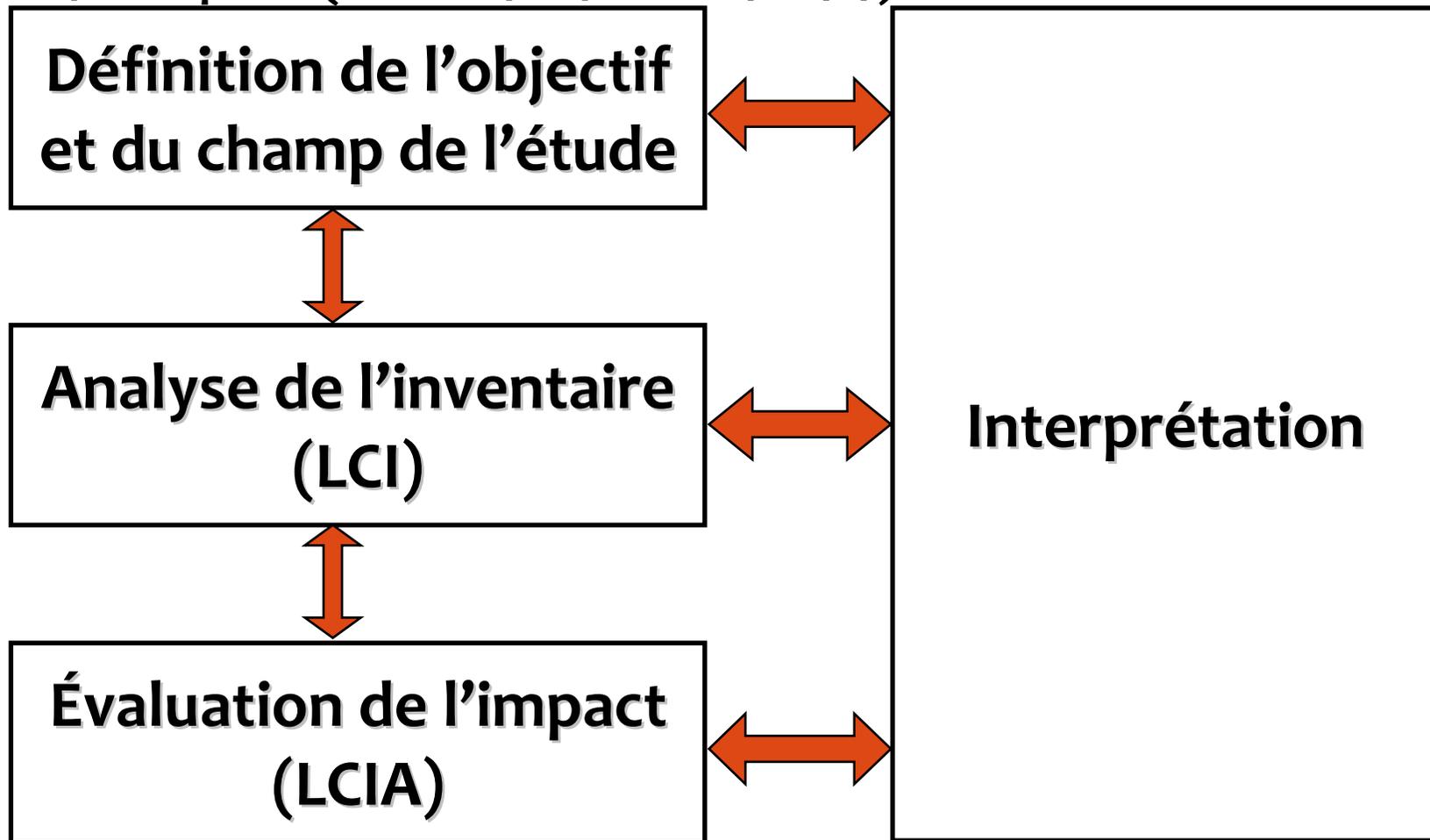


# ACV et éco-conception

- Outil d'évaluation environnementale
  - ❑ Mesurer la progression de la conception environnementale
- Aide à l'éco-conception
  - ❑ Répartition des impacts sur le cycle de vie
  - ❑ Identification des types d'impacts majeurs
  - ❑ Identification des étapes les plus dommageables
  - ❑ Identification de substances polluantes
- ACV simplifiée « life cycle thinking »
  - ❑ Première approche

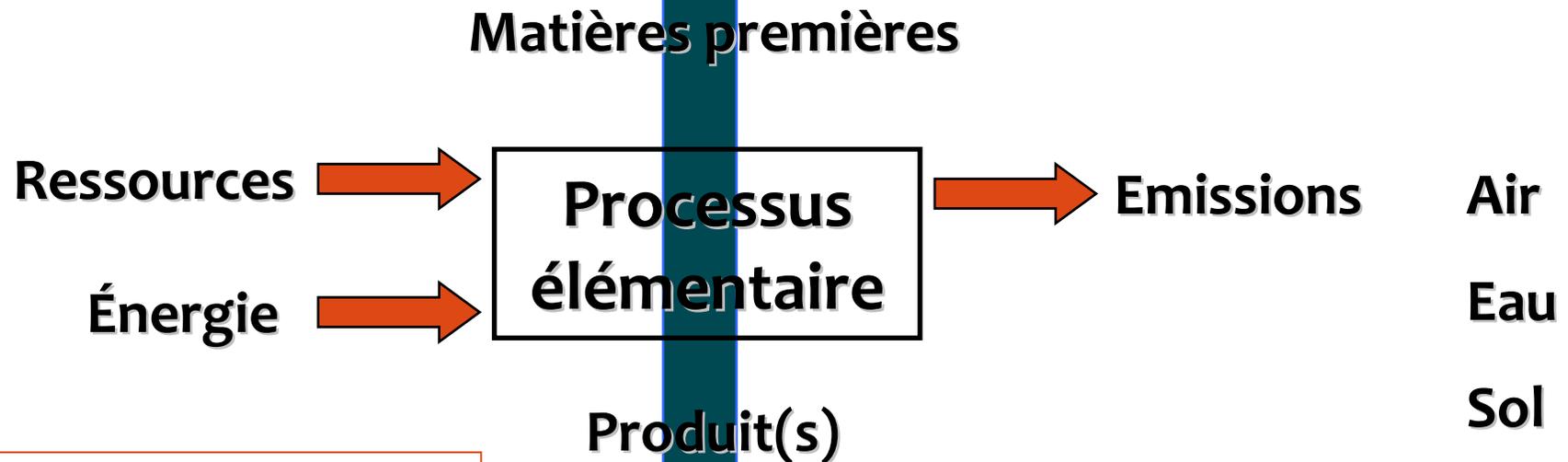
# Analyse du cycle de vie : comment ?

- 4 étapes (ISO 14040 – 14044)



# Analyse du cycle de vie : comment ?

## ■ L'inventaire



### ■ Processus élémentaire

- ❑ Emballage
- ❑ Transport
- ❑ Distillation
- ❑ Incinération
- ❑ ...

# Analyse du cycle de vie : comment ?

## ■ L'inventaire

Emballage	
Carton	0,35 kg
PS	0,05 kg
Papier	0,1 kg
Transport	0,05 tkm
Production boîte	0,35 kg
Expansion	0,05 kg

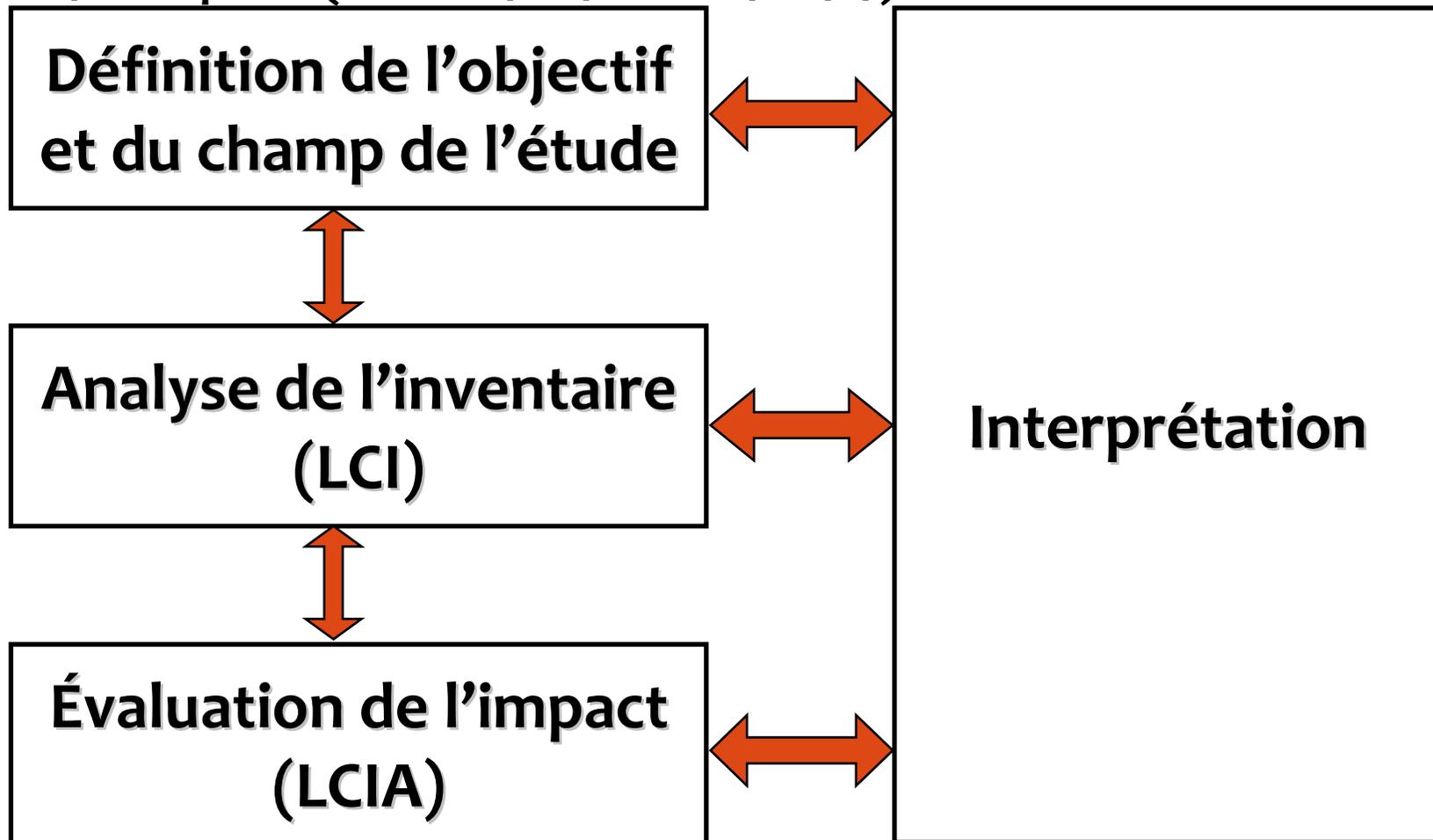
Exemple : émissions dans l'air pour la production d'un kilo de carton

Polluant	Quantité	Unité
CO <sub>2</sub>	4,51E-01	kg/kg
SO <sub>2</sub>	8,85E-04	kg/kg
NO <sub>x</sub>	2,08E-03	kg/kg
N <sub>2</sub> O	1,42E-04	kg/kg
CH <sub>4</sub>	7,32E-04	kg/kg
NM VOC	4,05E-04	kg/kg
NH <sub>3</sub>	2,51E-04	kg/kg
As	7,26E-08	kg/kg
Cr VI	2,02E-08	kg/kg
Dioxines	5,16E-13	kg/kg

**Bilan CO<sub>2</sub> = 1 inventaire parmi les nombreux réalisés**

# Analyse du cycle de vie : comment ?

- 4 étapes (ISO 14040 – 14044)



# Analyse du cycle de vie : comment ?

- L'évaluation des impacts
  - Estimer des impacts environnementaux à partir des données d'inventaire
  - Exemple de catégories d'impacts
    - Changement climatique
    - Acidification
    - Consommation de ressources
    - Destruction couche d'ozone
    - Effets cancérigènes
    - ...
  - Existence de différentes méthodes

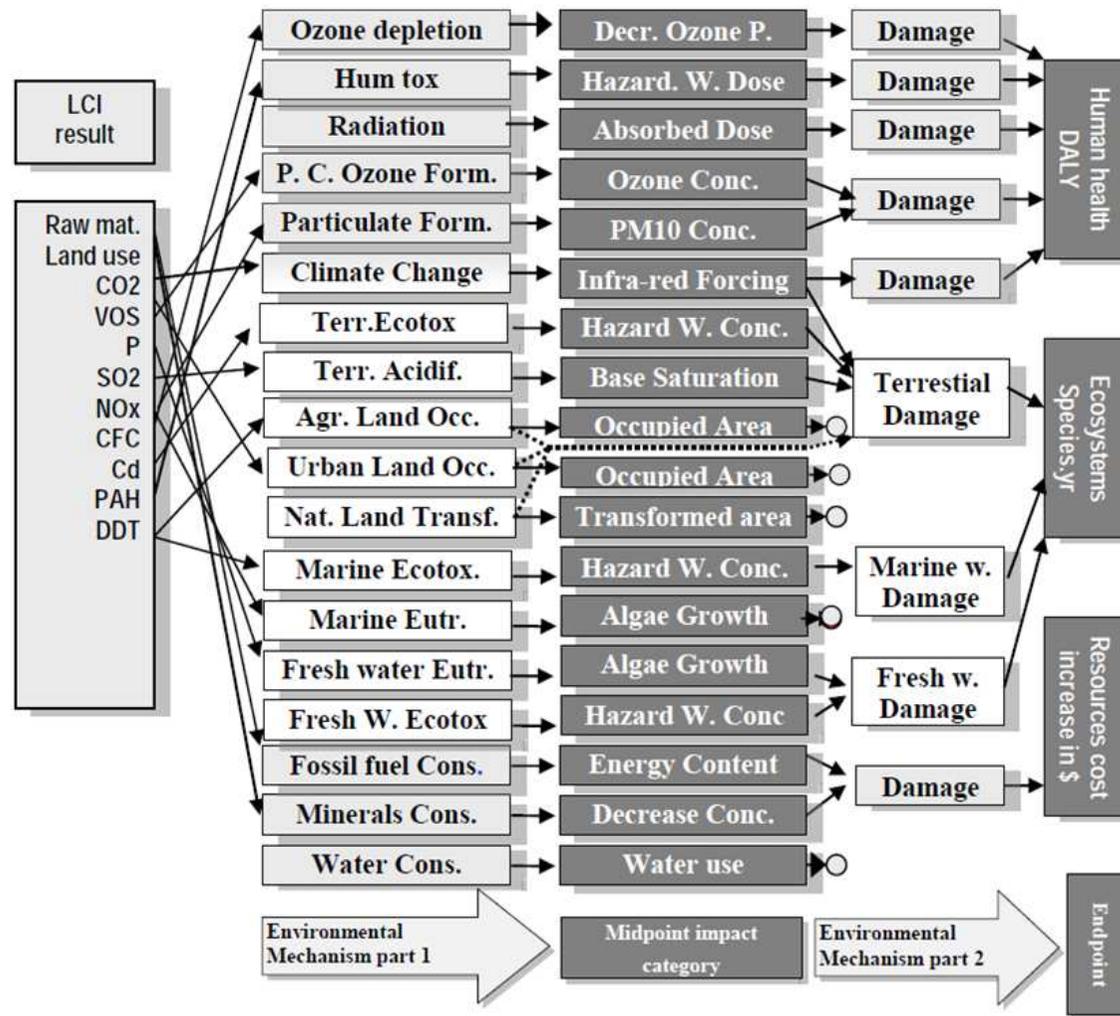
CO <sub>2</sub>	10 kg
CH <sub>4</sub>	12 m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	150 g
As, Cd, HAP	...



CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ⇒ Changement climatique  
SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ⇒ Acidification  
As, Cd, HAP ⇒ Effets cancérigènes

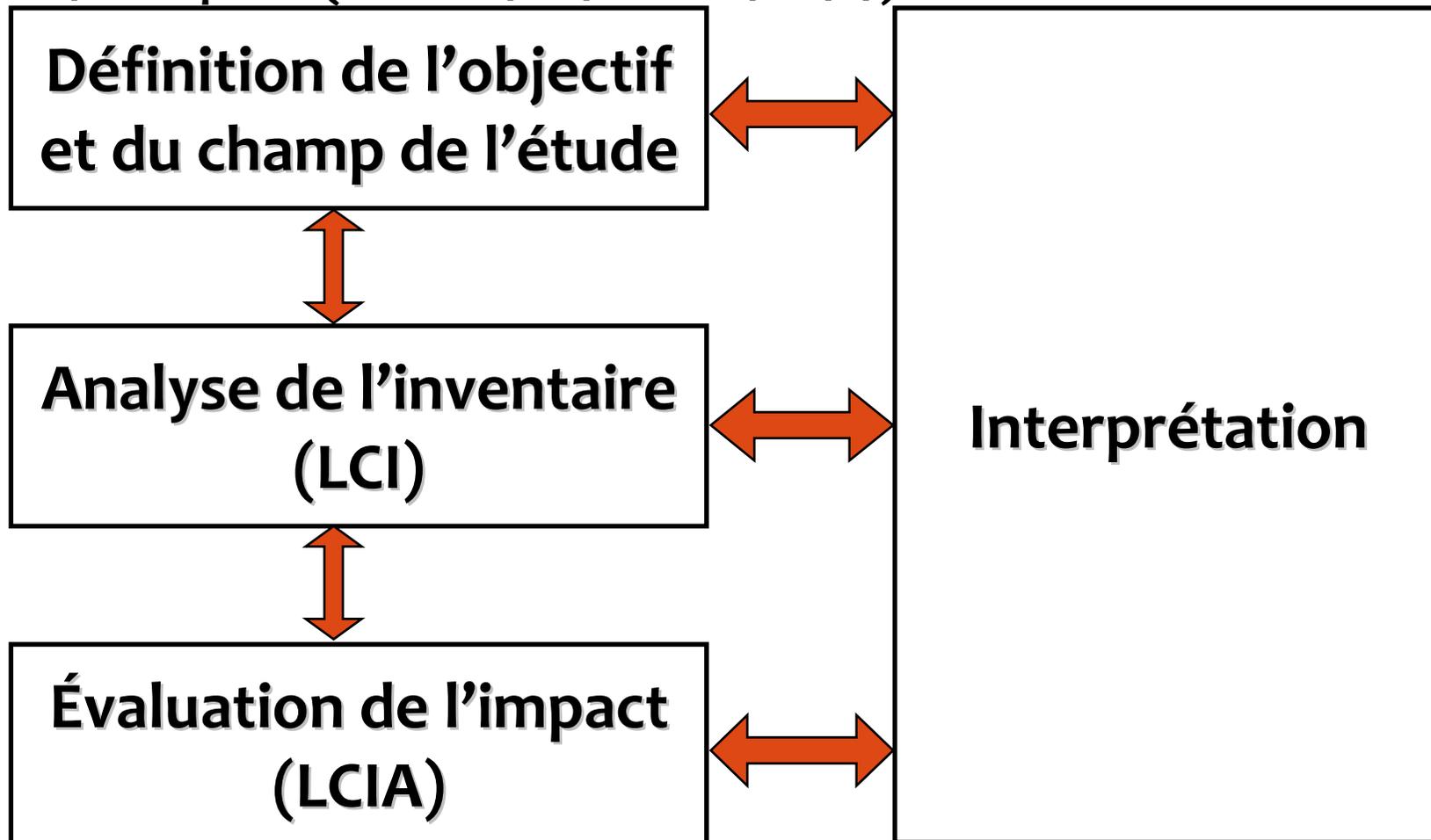
# Analyse du cycle de vie : comment ?

## ■ L'évaluation des impacts



# Analyse du cycle de vie : comment ?

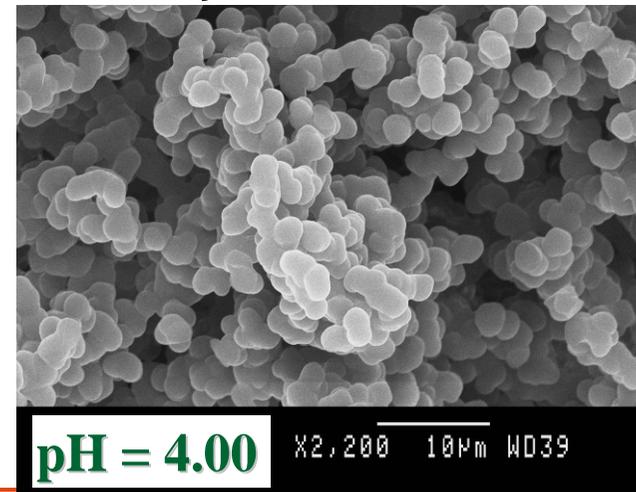
- 4 étapes (ISO 14040 – 14044)



# ACV et éco-conception : exemple



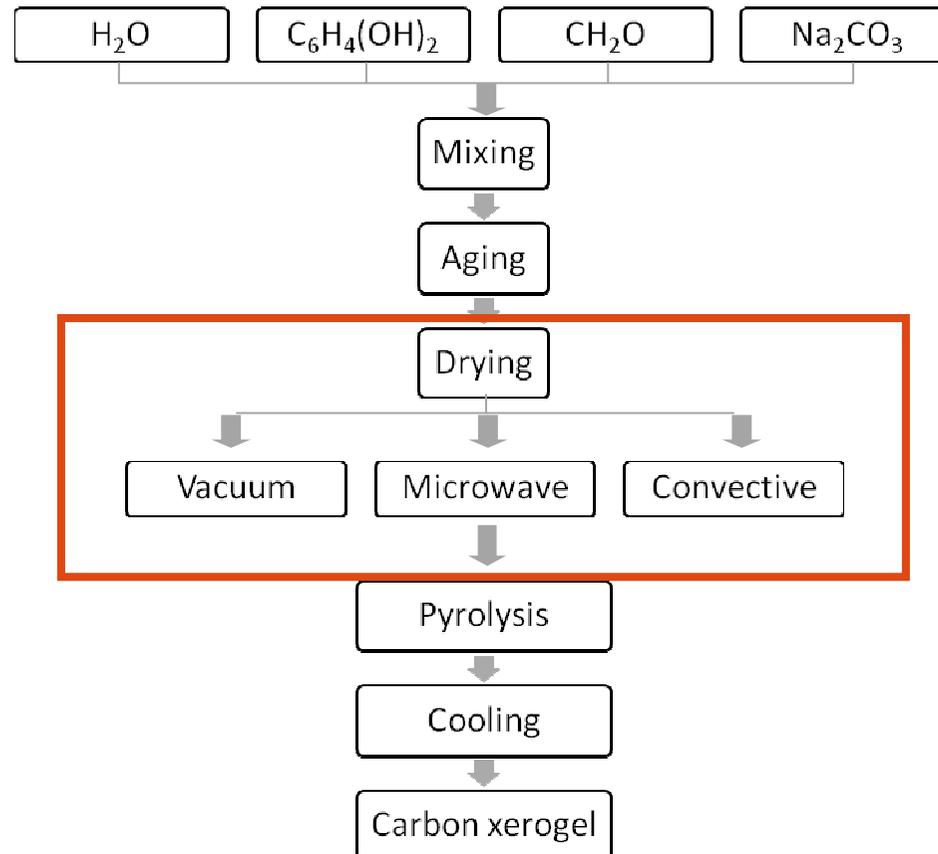
- Projet européen SOMABAT
  - Development of novel SOLid MAterials for high power Li polymer BATteries
- ULg : xérogels de carbone → anode
  - Texture contrôlée
  - Polycondensation résorcinol + formaldéhyde
  - Sélection du procédé de séchage
    - Utilisation ACV



# ACV et éco-conception : exemple



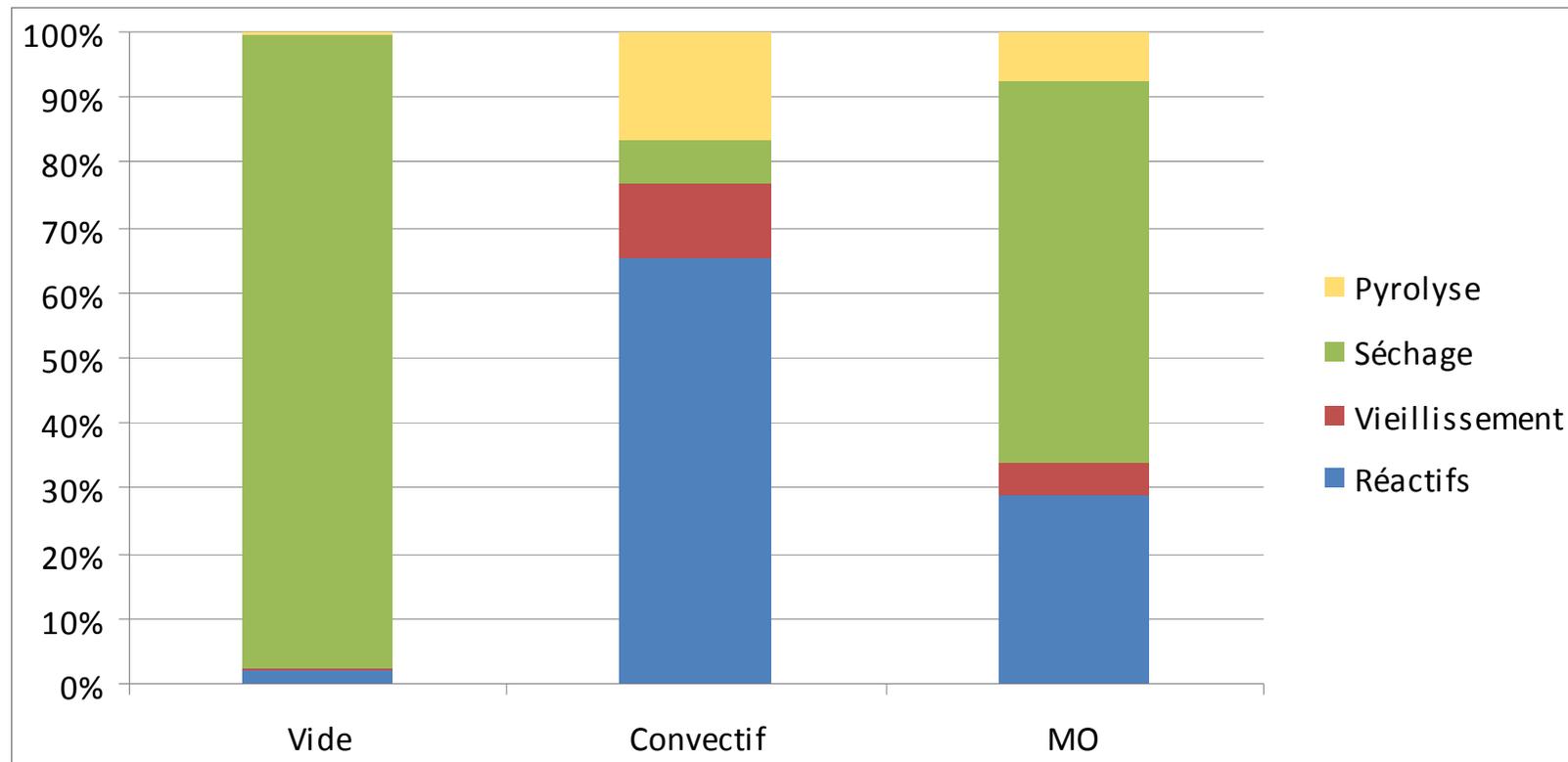
## ■ Production des xérogels



# ACV et éco-conception : exemple



- Contribution environnementale des différentes étapes

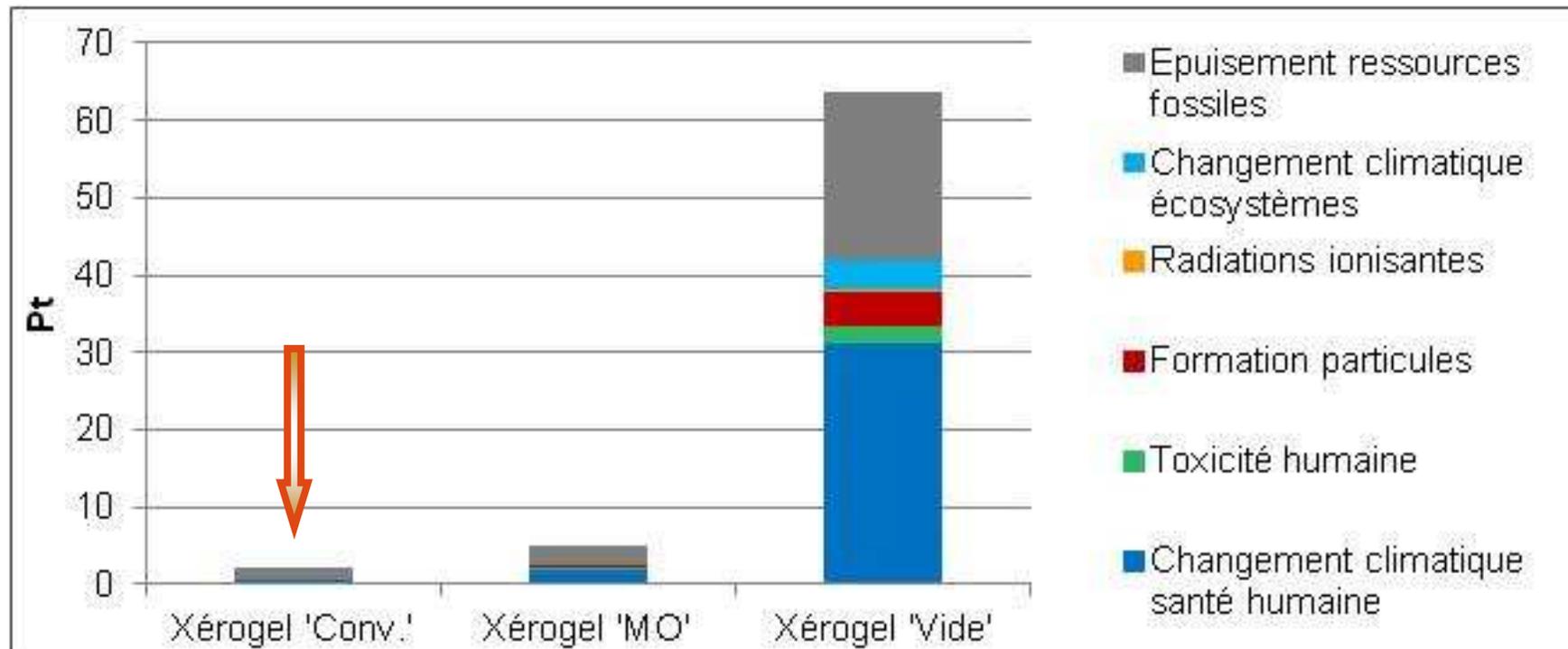


Analyse du cycle de vie de xérogels de carbone, R. Melon et al.  
Congrès ACV, Lille, 3-4 novembre 2011

# ACV et éco-conception : exemple



- Score unique (ReCipe)



Analyse du cycle de vie de xérogels de carbone, R. Melon et al.  
Congrès ACV, Lille, 3-4 novembre 2011

# Conclusions

- Les 5 principes de l'éco-conception
  - Prise en compte globale de l'environnement
  - Intégration de l'environnement dans les méthodes de conception
  - Utilisation de méthodes et d'outils d'évaluation
  - Combinaison de stratégies de réduction des impacts potentiels
  - Dialogue et partenariat
- ACV = outil de choix
  - pour l'éco-conception et la « reconception » de produits
- Affichage environnemental → visibilité
- Intégration dans les cursus universitaires
- Nouveaux développements méthodologiques

Pratique l'éco-conception. Lignes directrices. L. Grisel et G. Duranthon.  
AFNOR, 2001.

---

# Merci pour votre attention !

---

## LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE

*Procédés et développement durable*

A. Léonard

[a.leonard@ulg.ac.be](mailto:a.leonard@ulg.ac.be)