

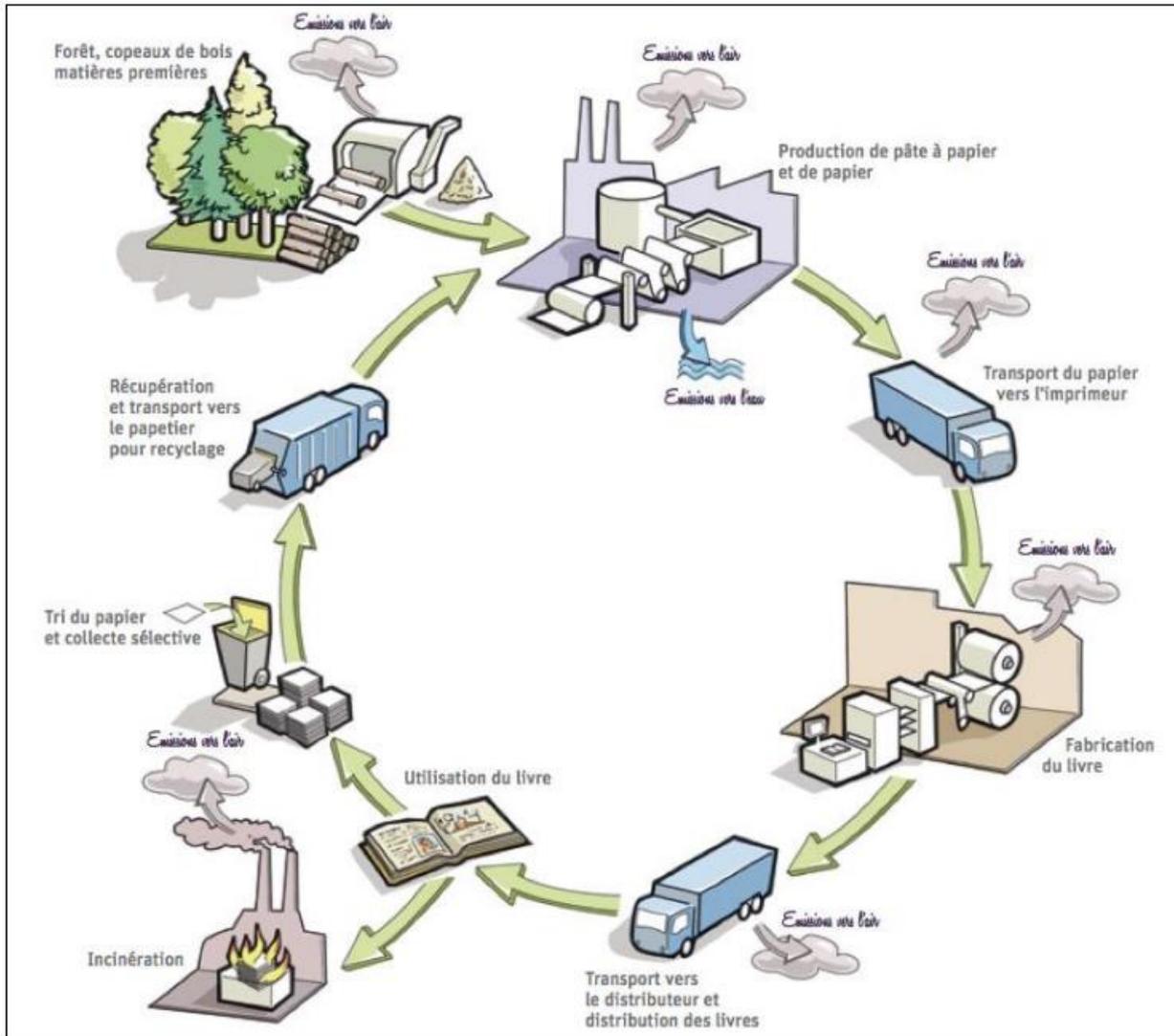
---

# Analyse de Cycle de Vie et Eco Conception

---

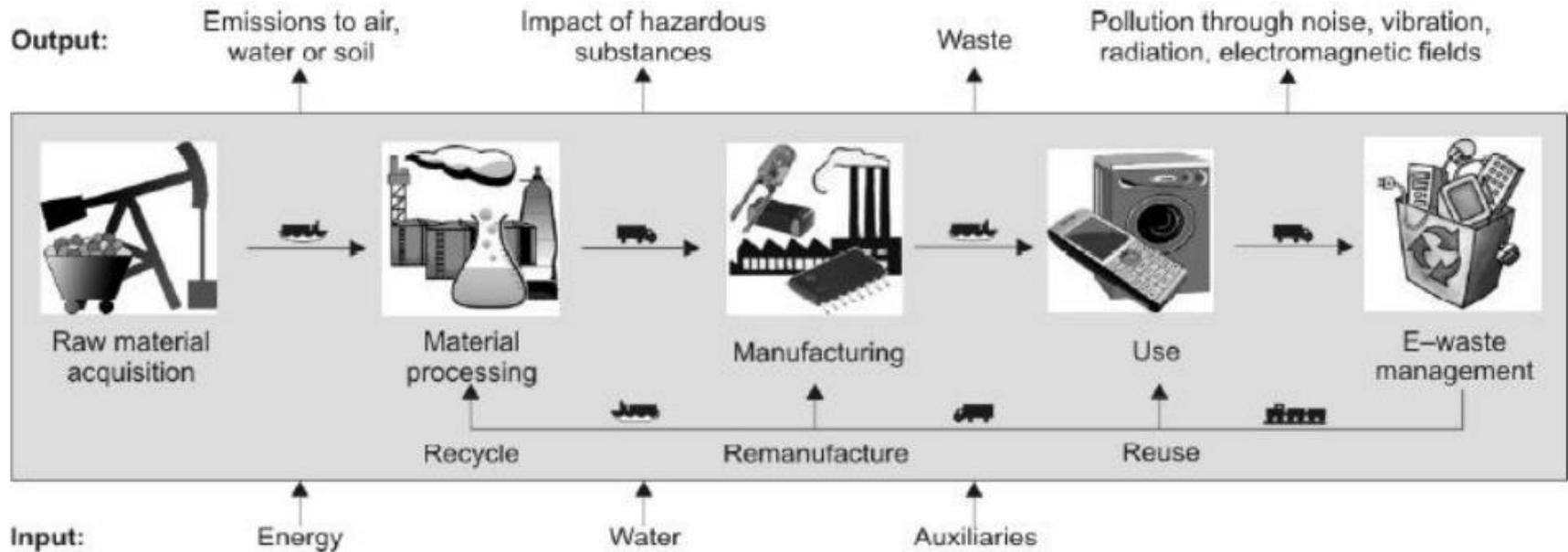
*Francis Vivat, Responsable Informatique LATMOS  
GDS EcoInfo ([www.ecoinfo.cnrs.fr](http://www.ecoinfo.cnrs.fr))  
Eco-responsabilité appliquée à l'informatique  
X-Stra Novembre 2013  
Présentation largement inspirée de M. PARRY & C. CHARBUILLET*

# Concept de Cycle de vie



Cycle de vie =  
Système qui comprend  
plusieurs étapes

# Concept de Cycle de vie



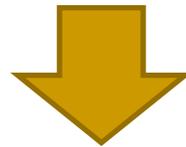
Exemple : cycle de vie d'un produit électronique  
(Franz, 2010)

Life Cycle Aspects of the Environmental Impact of Electrical and Electronic Equipment from the European Point of View

Manuela Franz

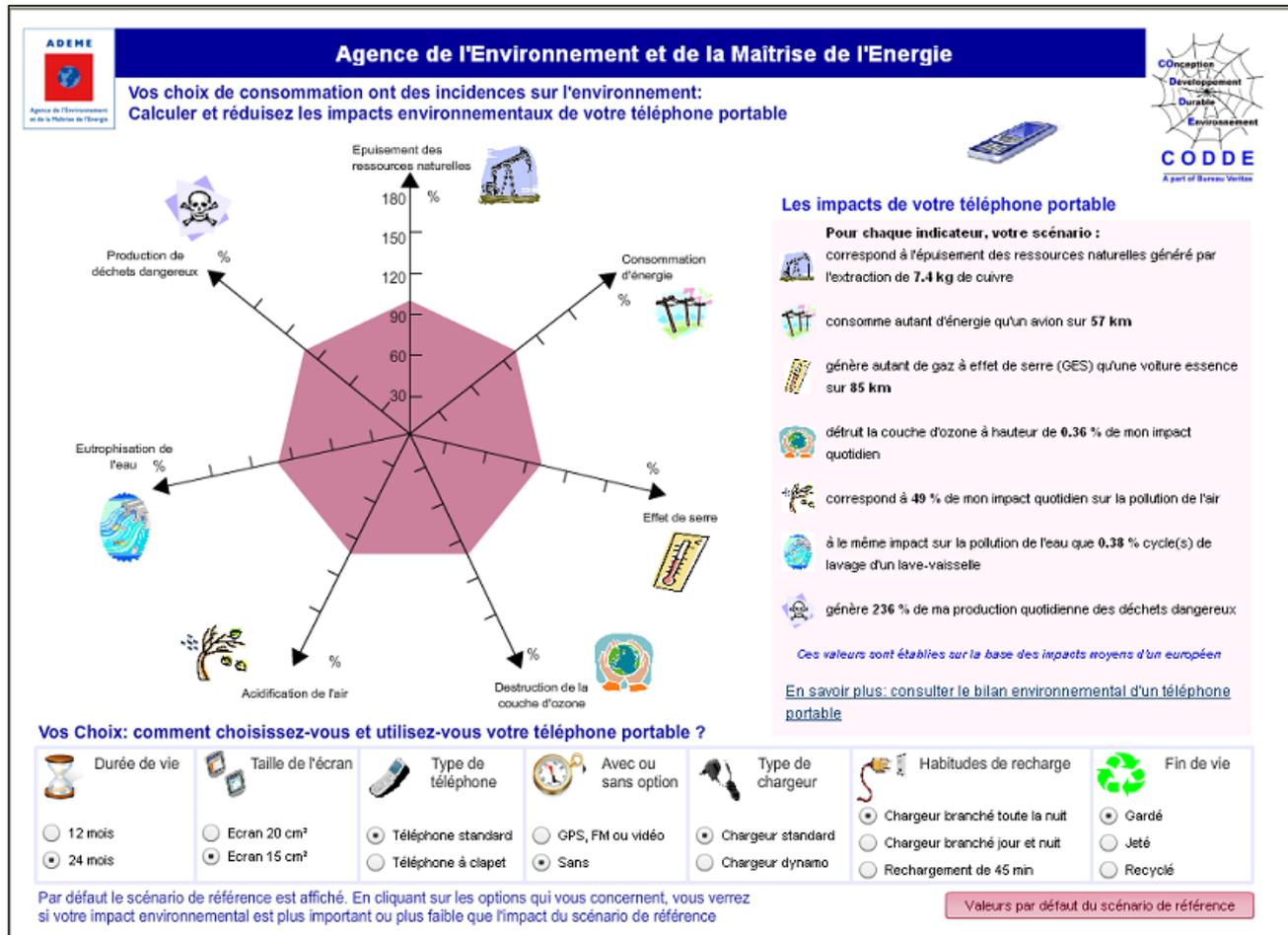
# Concept de Cycle de vie

- Approche du Cycle de Vie = mode de pensée qui
  - - consiste à reconnaître en quoi nos décisions déterminent ce qui se passe à chacune de ces étapes pour pouvoir trouver des compromis valables
  - - couvre les possibilités et les risques liés à un produit ou à une technologie sur toute la chaîne qui va de l'extraction des matières premières à l'élimination du produit en fin de vie utile



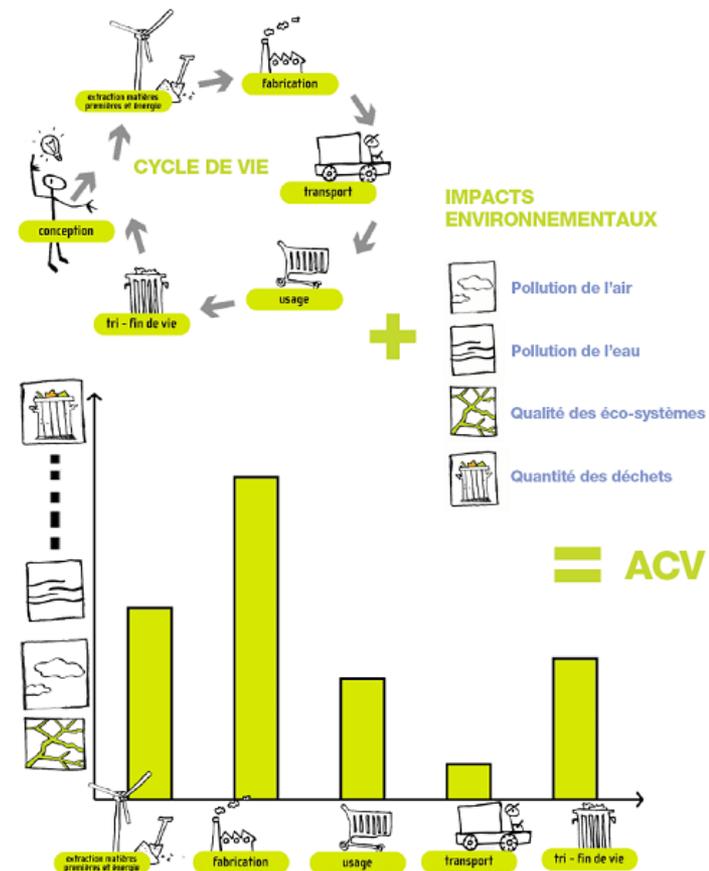
- Nos choix ne constituent pas un acte isolé mais se répercutent sur un système plus vaste.
  - Faire des choix pour le long terme en tenant compte des problématiques environnementales et sociales
  - Améliorer des systèmes entiers et non des parties de systèmes : éviter le transfert des problèmes d'une étape du cycle de vie à une autres

# Exemple d'outil : bilan environnemental d'un téléphone portable (ADEME)



# Un outil plus complexe : l'analyse du cycle de vie

- Méthode permettant d'évaluer les impacts environnementaux potentiels d'un produit
- Prise en compte de l'ensemble du cycle de vie du produit : « du berceau à la tombe »
- Approche multicritères de l'environnement : prise en compte des consommations et différentes classes d'impacts
- Méthode rigoureuse, complexe donnant priorité à une approche scientifique et qui fait l'objet de nombreux travaux : un cadre méthodologique normalisé



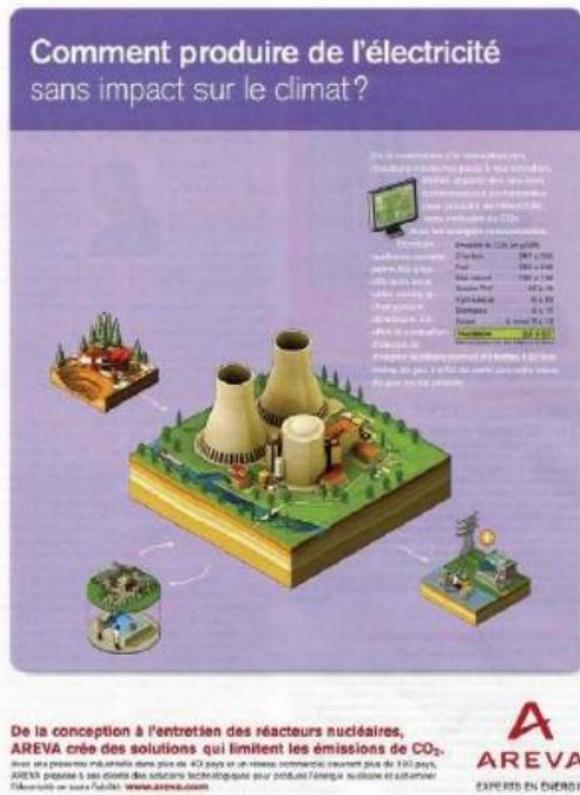
# Méthodologie de l'ACV

- L'ACV est une méthode d'évaluation environnementale qui permet de quantifier les impacts d'un produit (qu'il s'agisse d'un bien, d'un service voire d'un procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie.
- C'est une méthode :
  - Multi-étapes
  - Multi-critères

# Méthodologie de l'ACV

Une approche monocritères peut conduire à :

Comment produire de l'électricité sans impact sur le climat?



De la conception à l'entretien des réacteurs nucléaires, AREVA crée des solutions qui limitent les émissions de CO<sub>2</sub>.

AREVA propose à ses clients des solutions techniques pour produire l'énergie la moins chère et la plus sûre.

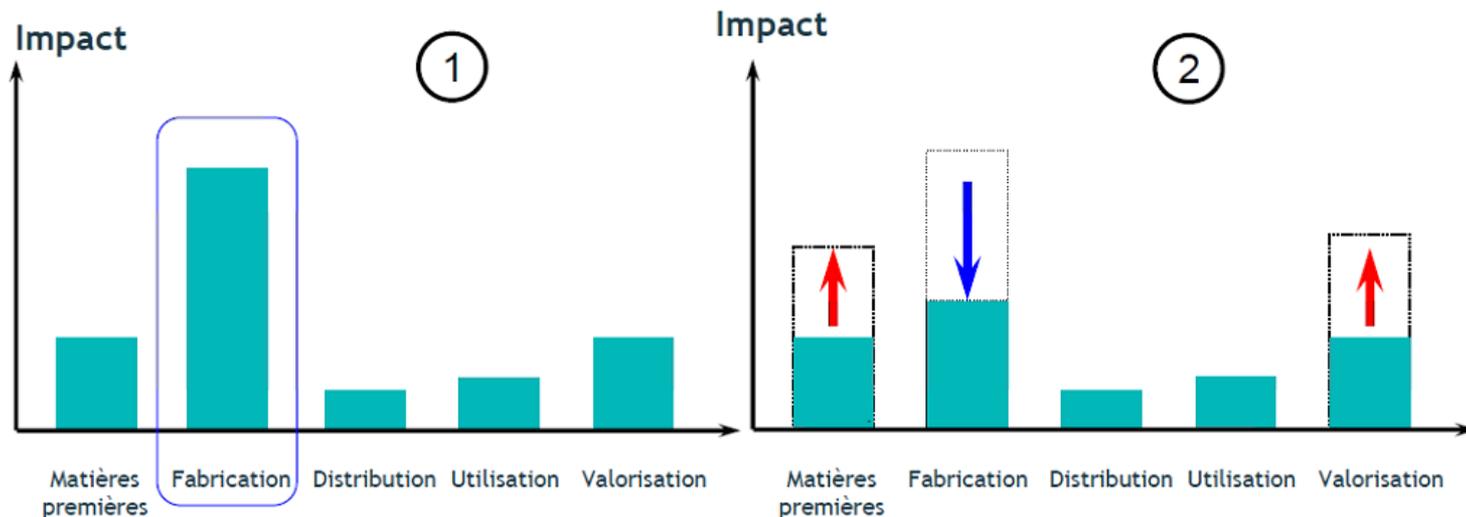
AREVA  
EXPERTS EN ÉNERGIE

Emissions de CO <sub>2</sub> (en g/kWh)	
Charbon	264 à 355
Fuel	209 à 246
Gaz naturel	120 à 188
Solaire PhV	27 à 76
Hydraulique	6 à 65
Biomasse	6 à 17
Eolien (à terre)	8 à 13
<b>Nucléaire</b>	<b>2,5 à 5,7</b>

Référence Spadaro et al. AIEA Bulletin, vol 42, Verne

# Méthodologie de l'ACV

- Une approche monoétape peut conduire à :

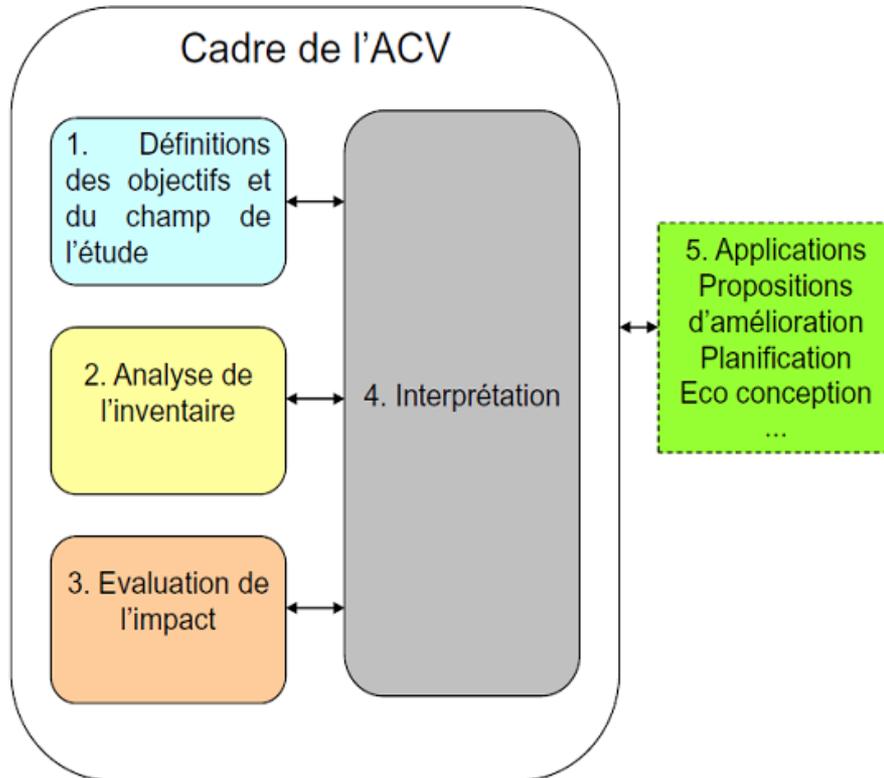


L'impact environnemental majeur est généré lors de la fabrication.

Réduction de l'impact en fabrication mais aggravation à d'autres étapes.

Source : ADEME

# Méthodologie de l'ACV : cadre



L'ACV fait l'objet d'une normalisation  
ISO (ISO 14040 à ISO 14044)

- • ISO 14040 :
  - 2006 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie (ACV) - Principes et cadre
- • ISO 14044 :
  - 2006 - Management Environnemental - Analyse du cycle de vie (ACV) - Exigences et lignes directrices.

# Méthodologie de l'ACV

## Définition de l'objectif et du champ d'étude

- • L'objectif d'une ACV doit indiquer :
  - l'application envisagée
  - les raisons conduisant à réaliser l'étude
  - le public concerné : les personnes auxquelles il est envisagé de communiquer
  - les résultats de l'étude
- • Le champ de l'étude d'une ACV doit indiquer :
  - la couverture temporelle
  - la couverture géographique
  - la couverture technologique
  - la couverture des processus (limites du système)
  - la couverture des interventions environnementaux (extractions et émissions)
  - la couverture des impacts
- L'Unité Fonctionnelle (UF) :
  - quantifie la fonction du système de produits étudié
  - permet de comparer différents systèmes remplissant la même fonction
  - La quantité de produit nécessaire pour remplir la fonction est le Flux de Référence.
- Niveau de détail attendu :
  - hypothèses, limitations, qualité des données

---

# Méthodologie de l'ACV

## Analyse de l'inventaire

- Bilan matière énergie
  - Nécessite une importante et fastidieuse collecte de données

# Méthodologie de l'ACV

## Evaluation de l'impact

### Flux classés par catégorie d'impact

- Les catégories orientées dommages :
  - L'épuisement des ressources
  - L'impact sur la santé humaine
  - Les impacts écologiques
  - Le changement climatique
  
- Les catégories orientées problèmes :
  - Le réchauffement climatique
  - Destruction de l'ozone stratosphérique
  - Acidification
  - Eutrophisation
  - Formation d'agents photo-oxydants (smog)
  - Atteinte des ressources abiotiques
  - Atteinte des ressources biotiques
  - Utilisation des terres
  - Impact éco-toxicologique
  - Impact toxicologique (chez l'humain)

# Méthodologie de l'ACV

## Evaluation de l'impact

Flux caractérisés en impact grâce à des indicateurs

### ■ Effet de Serre :

- Indicateur = Somme du Potentiel Global de réchauffement (PRG) de chaque composé

### ■ Acidification:

- Indicateur = Somme du Potentiel d'Acidification (PA) de chaque composé

....

Catégorie d'impact : Changement climatique

Résultats d'inventaire :

- 20 kg CO<sub>2</sub>,
- 1 kg CH<sub>4</sub>,
- 0,1 kg N<sub>2</sub>O

Modèle de caractérisation : modèle IPCC définissant le potentiel de réchauffement global des gaz à effet de serre

Facteur de caractérisation :

- PR (potentiel de réchauffement) du CO<sub>2</sub> = 1
- PR du CH<sub>4</sub> = 21
- PR du N<sub>2</sub>O = 310

Résultat de l'indicateur :  $20 \cdot 1 + 1 \cdot 21 + 0,1 \cdot 310 = 72 \text{ kg éq CO}_2$

# Méthodologie de l'ACV

## Evaluation de l'impact

### ■ Éléments facultatifs

#### □ Normalisation :

- Chaque évaluation est ramenée à une valeur de référence, par exemple aux impacts d'un habitant par an en France.

#### □ Pondération :

- On affecte un poids à chaque catégorie d'impact

#### □ Agrégation d'impacts :

- Par exemple on regroupe tous les impacts qui ont des effets sur l'homme

# Méthodologie de l'ACV



ICV élémentaires :  
Extraction des matériaux,  
Production d'énergie,  
Procédés de fabrication,  
Modes de transport, ...

ICV du produit :  
Flux de matières,  
émissions, ...

Caractérisation des  
flux en indicateurs  
environnementaux

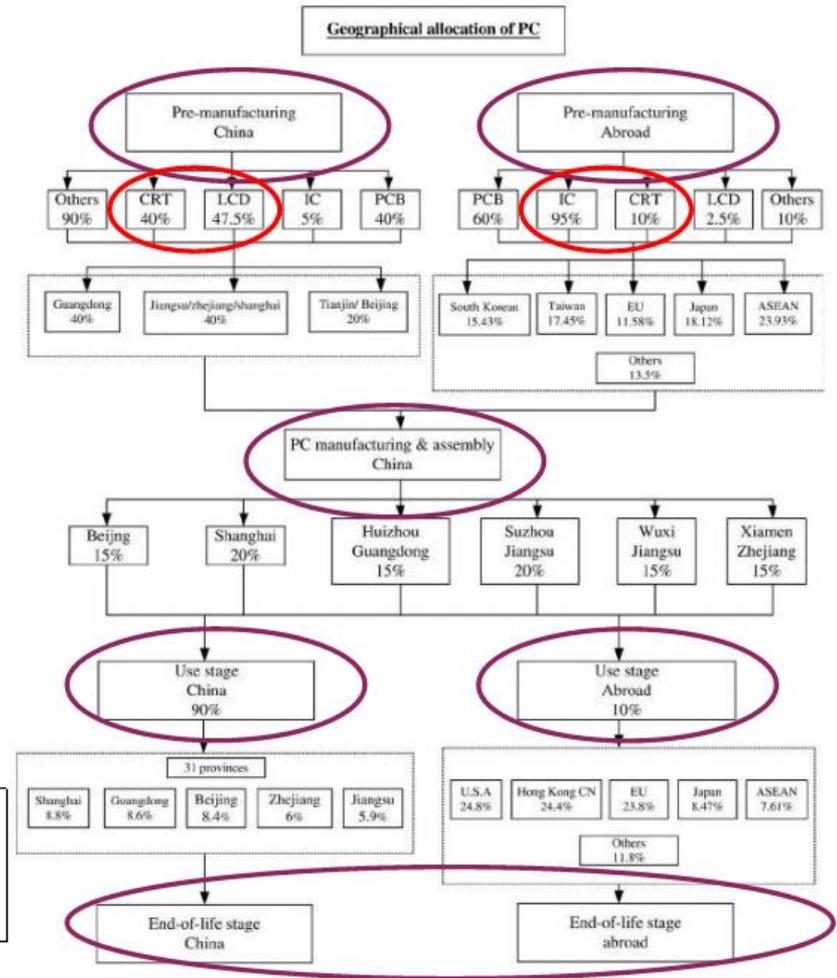
# Méthodologie de l'ACV

## Interprétation

- Il s'agit :
  - D'analyser les résultats
  - D'expliquer les limites des étapes précédentes : inventaire et/ou évaluation des impacts
  - De fournir des recommandations de manière la plus transparente possible.
- Les questions au stade de l'interprétation :
  - Quels sont les principaux contributeurs d'impact ?
  - Quelle est la sensibilité des résultats ? C'est-à-dire : si les hypothèses changent, est-ce que le résultat varie ?
  - Les systèmes modélisés sont-ils complets (complétude, par exemple sur l'ensemble du cycle de vie) ?
  - Sont-ils cohérents ? (entre produits comparés, par exemple)
- L'interprétation est fonction des hypothèses de départ et de la qualité des données

# Résultat d'ACV : un ordinateur

- PC pentium IV fixe construit et utilisé principalement en Chine, recyclé en fin de vie (Duan, 2009) + écran (50% CRT ou 50% LCD)
- Actif 4,2h/jour, en veille pendant 2,6h/jour pendant 6 ans
- Logiciel SimaPro 7.0
- Méthode Eco-indicator'99
- Base de données Ecoinvent 1.3



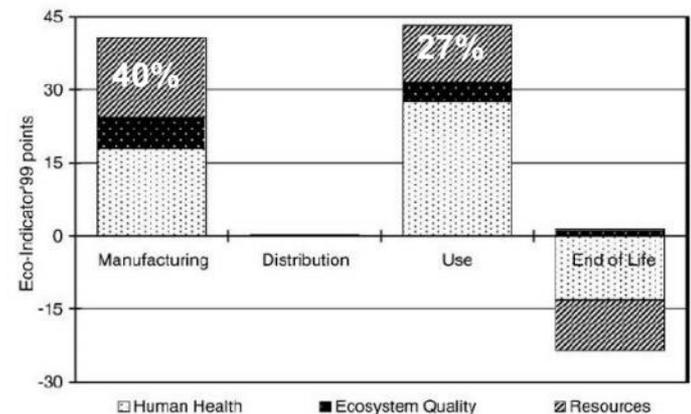
**Life cycle assessment study of a Chinese desktop personal computer**

Huabo Duan<sup>a,1</sup>, Martin Eugster<sup>b</sup>, Roland Hischier<sup>b</sup>, Martin Streicher-Porte<sup>b</sup>, Jinhui Li<sup>a,\*</sup>

SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 407 (2009) 1755-1764

# Résultat d'ACV : un ordinateur

- Phases de fabrication et d'utilisation prépondérantes
- Pour la fabrication 40% des impacts sont liés à la consommation de ressources (dont un peu plus de 25% de ressources fossiles) contre 27% pour la phase d'utilisation
- Malgré 10% d'exportation la distribution représente moins de 1% des impacts
- Les impacts pendant la phase d'utilisation sont essentiellement dus à la consommation électrique pendant toute la durée de vie (mix énergétique chinois)
- Recyclage dans les règles de l'art : bénéfiques



# Résultat d'ACV : un ordinateur

## ordinateur

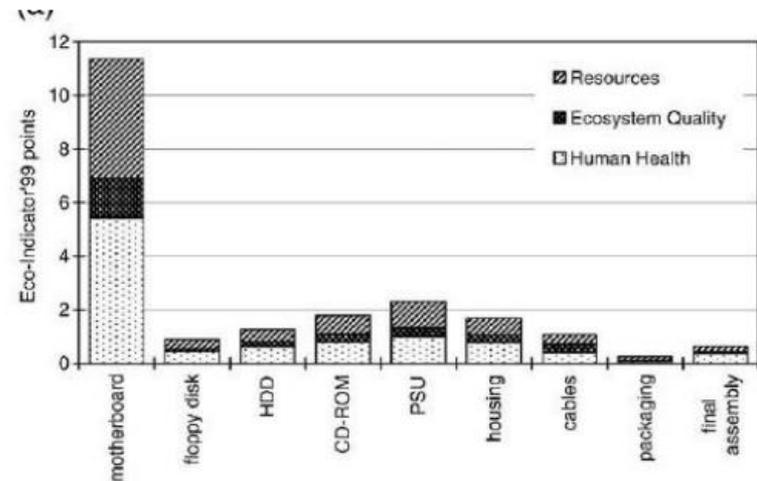
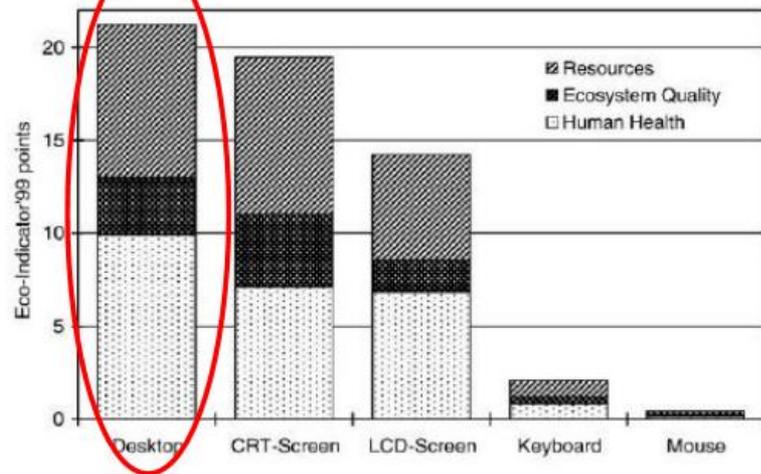


Fig. 6 – Environmental impacts caused by the production of the various parts of the here examined PC system, expressed with the method of Eco-Indicator'99.

- Unité centrale plus impactante que les écrans
- Impacts essentiellement attribuables à la carte mère (54%)
- Impacts écrans CRT > impacts écrans LCD
- CRT : Impacts essentiellement attribuables au tube cathodique, aux composants électroniques et au boîtier plastique
- LCD : Impacts essentiellement attribuables au module LCD

# Résultat d'ACV : un ordinateur

## Limites de l'étude

- ACV de modèles anciens et technologies dépassées: manque d'ACV de PC récentes
- Manque d'homogénéité dans la définition de l'UF (durée de vie, modes d'usage)
- Manque de disponibilité des données: localisation des sites de fabrication
- Difficultés à réaliser une ACV complète liés au nombre important de composants électroniques
- Certaines études ne modélisent pas tous les procédés de fabrication, ni toutes les phases du cycle de vie

---

# Les limites des ACV

## ■ Forces

- ❑ Actuellement la méthode la plus complète, le plus scientifique et la plus objective
- ❑ Cadre normalisé
- ❑ Résultats quantitatifs
- ❑ Reconnaissance mondiale (US EPA, ADEME, SETAC, ...)

# Les limites des ACV

- Mais ...
  - Limites méthodologiques :
    - Les résultats sont dépendants de la zone géographique d'où proviennent les données.
    - Les résultats sont dépendants des hypothèses de départ et les choix effectués -> ISO
    - Evaluation des impacts potentiels et non des impacts réels
    - Pas de prise en compte des impacts économiques et sociaux ni de certaines classes d'impacts (bruit, champ électromagnétiques, ...)
    - Risque de mauvaise interprétation, notamment par des acteurs externes à l'ACV

# Les limites des ACV

## ■ Mais ...

### □ Limites scientifiques :

- Quels indicateurs choisir, quelle méthode d'évaluation ACV ?
- Pour chaque ACV, se poser la question :
  - Quels sont les indicateurs pertinents ?
  - Comment les calculer pour traduire des impacts potentiels sur l'environnement ?
- Diversité des méthodes d'évaluation
- La validité scientifique peut être discutée
- La méthode doit être actualisée (avancées scientifiques...)

-> Comparaison d'études ACV difficile voire impossible

# Les limites des ACV

- Mais ...
  - Limites relatives aux données
    - Accès aux données : bases de données privés,
    - Problèmes de représentativité, de complétude,
    - Problèmes d'obsolescence des données
  - Limites pour la conception des produits
    - Besoin d'un grand nombre de données et de ressources
    - Seuls des experts peuvent manipuler correctement les informations et les outils afin d'interpréter les résultats de l'ACV de la façon la plus juste.
    - Outil lourd, peu lisible, couteux donc difficile d'utilisation pour la conception et les PME