

---

# Impact environnemental des procédés de valorisation des boues : revue des ACV publiées

---

LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE

*Procédés et développement durable*

S. Belboom – A. Léonard

sbelboom@ulg.ac.be

**LGC** CHEMICAL  
ENGINEERING



---

# Introduction

---

**LGC** CHEMICAL  
ENGINEERING



## Le contexte du développement durable

- 1987 – Commission Mondiale sur l'Environnement et le développement (Montréal)
  - Rapport « Brundtland » prône le concept de « **sustainable development** »
  - Un développement qui permet de : « répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs ».
- 3 piliers : social, économique, environnement
- Décisions politiques durables
  - Outils d'aide à la décision



## Le pilier « environnement »

- Prise en compte de l'environnement = essentielle
  - Entreprises, services publics ...
- Pourquoi essentiel ??
  - Respect des réglementations
  - Volonté de s'inscrire dans des démarches de type « développement durable », « protection de la nature »
  - Recherche de reconnaissance externe ou interne
    - Améliorer image extérieure
    - Obtenir adhésion du personnel à un projet
  - Réduction des risques de dommage environnemental
  - Réduction des coûts (réparation, assurance, ...)

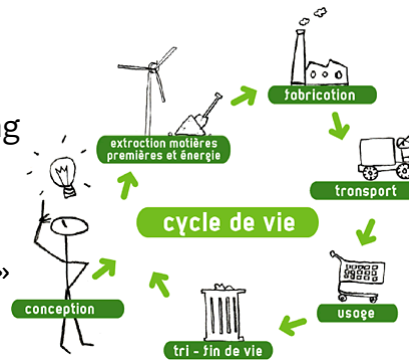
## Le pilier « environnement »

- 2 types d'approches pour la gestion environnementale
  - Approche par le système
    - Mise en place d'un système de management environnemental
  - Approche par le produit
    - Labels, éco-conception, ...
- Diversité des outils
  - Études d'incidence (EIE)
  - Rapports environnementaux
  - ISO 14001 – EMAS → SME
  - **Analyse du cycle de vie**
  - **Fiches de déclaration environnementale**
  - ...

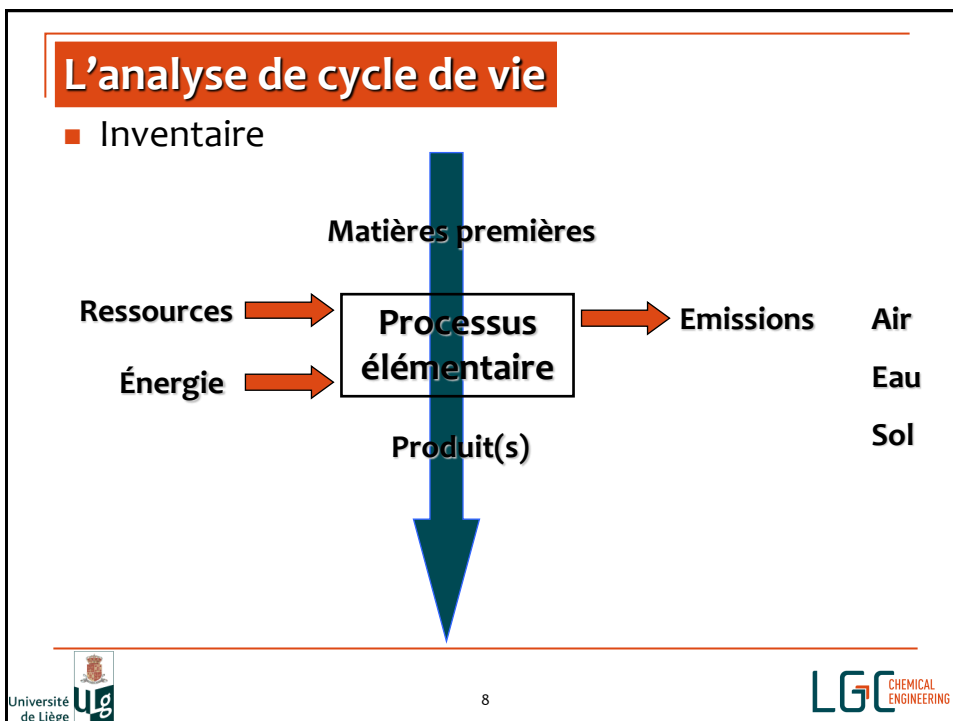
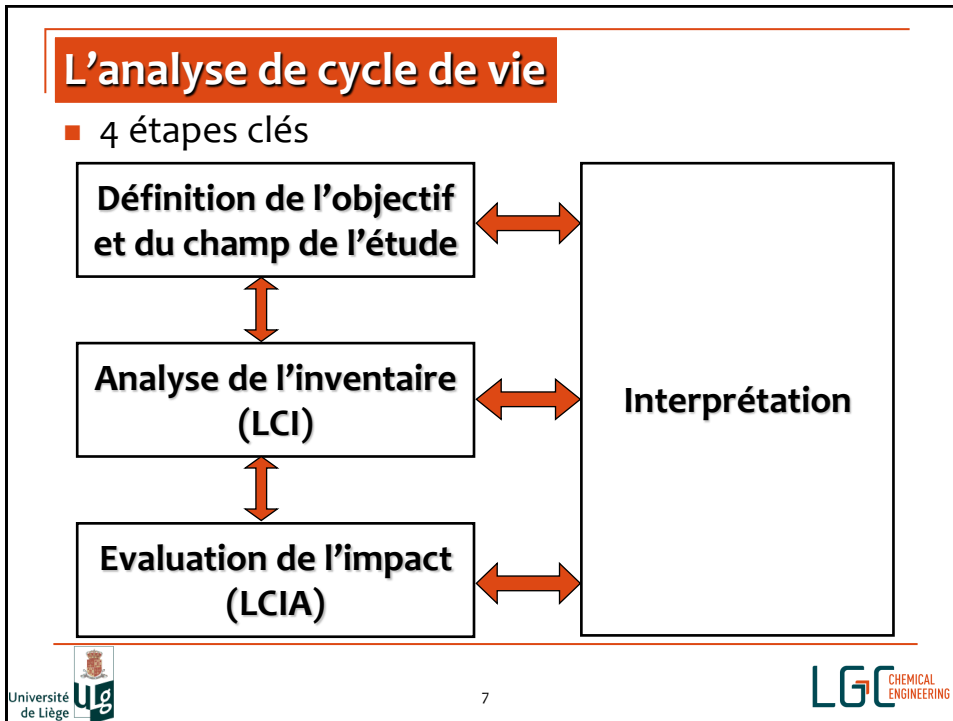


## L'analyse de cycle de vie

- 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 »



- Approche du berceau à la tombe



## L'analyse de cycle de vie

### ■ Evaluation de l'impact

- ❑ Effets cancérogènes / toxicité humaine
- ❑ Effets respiratoires causés par les substances inorganiques (smog acide)
- ❑ Effets respiratoires causés par les substances organiques (smog photochimique)
- ❑ Changement climatique
- ❑ Disparition de la couche d'ozone
- ❑ Ecotoxicité
- ❑ Acidification
- ❑ Eutrophisation
- ❑ Extraction des ressources
- ❑ ...

## Application de la méthodologie LCA aux boues de station d'épuration

## Revue bibliographique

- Basée uniquement sur le traitement des boues
- Dix dernières années (2002-2011)
- Rapports scientifiques
- Articles de revues internationales

## Revue bibliographique

Procédé	Nombre	Auteurs
<i>Valorisation agricole</i>	6	CIOR, Lundin, Hospido, Houillon, Pasqualino, Lederer
<i>Oxydation par voie humide</i>	3	CIOR, Svanström, Houillon
<i>Incinération</i>	5	CIOR, Lundin, Hospido, Houillon, Lederer
<i>Pyrolyse</i>	3	CIOR, Hospido, Houillon,
<i>Co-Incinération / déchets</i>	2	CIOR, Lundin
<i>Incinération (cimenterie)</i>	3	Houillon, Pasqualino, Lederer
<i>Incinération (centrale à charbon)</i>	1	Lederer
<i>Hydrolyse et récupération P</i>	1	Lundin
<i>Mise en décharge</i>	2	Houillon, Pasqualino
<i>Traitement sur lit de roseaux</i>	1	Uggetti

## Procédés envisagés

- Deux grandes possibilités de valorisation
  - Matière
    - Epandage agricole (après stabilisation ou digestion)
    - Compost et épandage agricole
    - Chaulage et épandage agricole
  - Energie
    - Oxydation par voie humide
    - Incinération
    - Pyrolyse
    - Co-Incinération
    - Biogaz

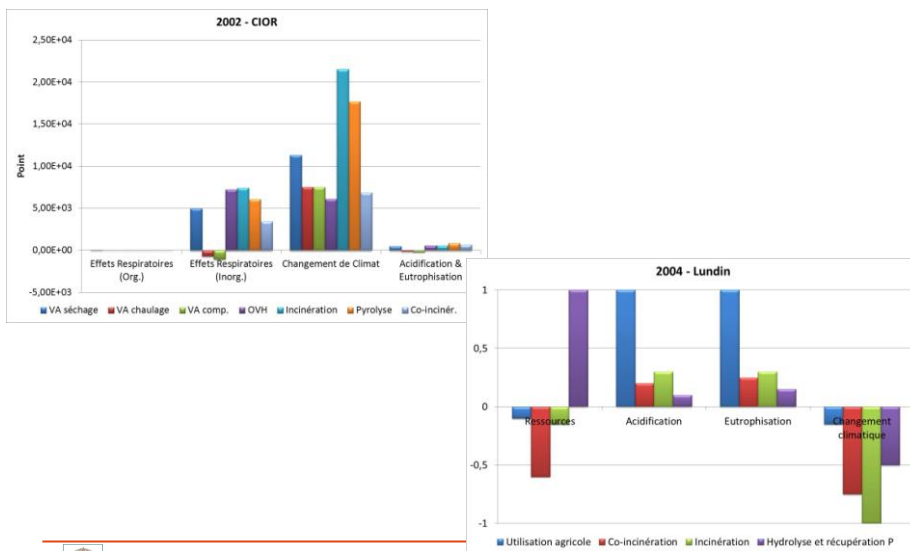
## Champ des études

- Unité fonctionnelle
  - 1 tonne de boue épaisse et séchée
  - 1 m<sup>3</sup> d'eau à traiter
  - 1 tonne de boue humide
- Frontières du système
  - Récupération des boues
  - Conditionnement
  - Post-traitement
  - Valorisation

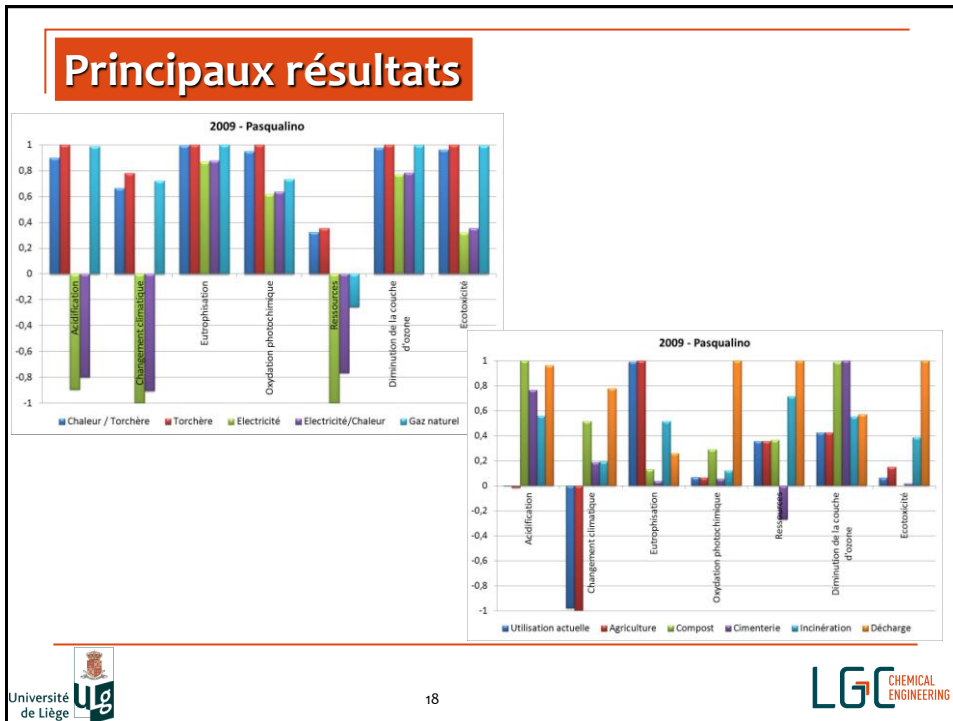
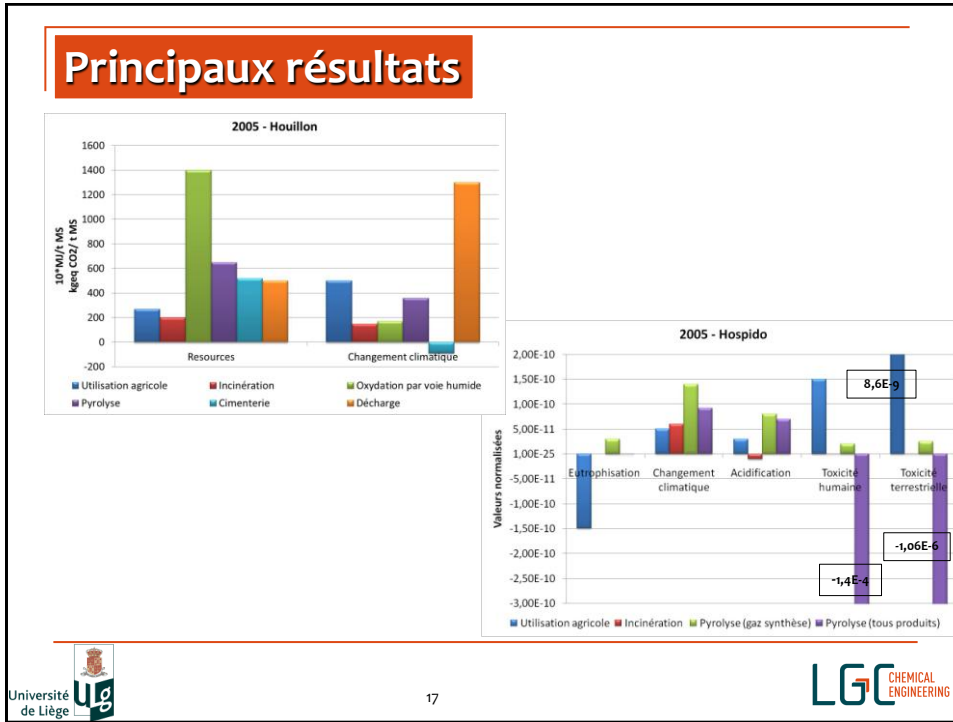
## Hypothèses réalisées

- Infrastructure négligée (construction, maintenance, démantèlement)
- Valorisation matière des produits par allocation de fardeaux évités
  - Engrais minéraux (N et P)
  - Energie (électricité/chaueur) du biogaz

## Principaux résultats







## Principaux enseignements

- Préférer la valorisation matière et énergétique
  - Incinération avec récupération de P
  - Valorisation du biogaz en électricité et/ou chaleur
  - Valorisation des boues en engrais importante
- MAIS
  - Quel produit est réellement remplacé?
  - Prise en compte de polluants organiques?
  - Comment mesurer les métaux lourds?

## Principaux enseignements

- Unité fonctionnelle varie
  - Changement d'état de départ (matière sèche)
    - Séchage ou traitement supplémentaire
- Frontières du système
  - Allocation?
  - Valorisation énergétique ou matière?
- Plus les produits sont valorisés, meilleur sera l'impact

## Généralisation

- Généralisation PCR pour EPD (Del Borghi, A., Pier Luigi Gaggero et al. ) de traitement des eaux
- Unité fonctionnelle
  - Demande chimique d'O<sub>2</sub> annuelle due au flux d'eaux usées (m<sup>3</sup>.mg/L)
  - Traitement des eaux usées de X ménages exprimés en Y équivalents habitants par an

## Frontières

- Production
  - Infrastructure
- Utilisation
  - Récolte et traitement des eaux
  - Production et gestion des boues
  - Production de biogaz
- Fin de vie
  - Non prise en compte

## Frontières

- Temps
  - 1 an pour l'utilisation
  - 30 ans pour la production (durée de vie complète)
- Allocations
  - Masse
  - Economique à rejeter vu la fluctuation du marché

## Impacts intéressants

- Utilisation de ressources
- Emissions de polluants
  - Effet de serre
  - Acidification
  - Diminution de la couche d'ozone
  - Formation de photo oxydants
  - Eutrophisation
  - Ecotoxicité de l'eau douce et marine
  - Ecotoxicité sédiment pour eau douce ou marine

## Limitations

- Facteurs de toxicité soumis à de fortes incertitudes
  - Etre pragmatique
  - Ne pas surestimer
  - Ajouter une étude de risque
- Ajout de paramètres
  - DBO/DCO
  - Nutriments enlevés
  - Impact visuel, olfactif, etc.

## Conclusions et perspectives

- De nombreuses avancées possibles
  - Métaux lourds, polluants organiques, etc.
  - Amélioration du sol
  - Allocation efficace et pertinente
    - Matière
    - Energie
- De nouvelles technologies prometteuses
  - Traitement des boues sur lit de roseaux
  - Gazéification
  - Valorisation énergie et matière toujours plus grande

---

Merci pour votre attention!

---

LABORATOIRE DE GÉNIE CHIMIQUE

*Procédés et développement durable*

S. Belboom – A. Léonard

sbelboom@ulg.ac.be



27

