

République Algérienne Démocratique et Populaire.  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université Saad Dahlab, Blida  
USDB.

Faculté des sciences.  
Département informatique.

**Mémoire pour l'obtention  
Du diplôme d'ingénieur d'état en informatique.**  
Option : Système d'information  
Sujet :

Un outil support à une analyse  
Environnementale des Produits Basée sur la  
Série de Normes ISO 14040-43

**Présenté par :** M<sup>elle</sup> MERZOUKI HIND & M<sup>elle</sup> RAMDANE CHAHIRA

**Promoteur :** M<sup>r</sup> Chalal Rachid

**Soutenu le :** 03 Octobre 2005, devant le jury composé de :

M<sup>me</sup> Abed

M<sup>me</sup> Melak

M<sup>r</sup> Hammouda

**Président**

**Examinatrice**

**Examineur**



## **Remerciements**

Nous tenons tout d'abord, à exprimer notre profonde reconnaissance et toute ma gratitude à notre promoteur Monsieur CHALAL Rachid, pour nous avoir permis de nous investir dans un domaine aussi intéressant que la gestion environnemental, pour nous avoir soutenu, dirigé et orienté durant toute l'année, par ses précieux conseils, pour le savoir et les connaissances qu'il nous a transmises et surtout pour son, entière disponibilité. Pour toutes ces raisons nous tenons à réitérer le témoignage de notre profonde gratitude.

Nous ne voudrions en aucun cas oublier nos familles, nos amis pour leur soutien moral.

# Dédicace

*Avec l'aide de dieu, le très puissant, j'ai achevée ce modeste travail que je dédie à ma patrie, à mes chers parents à ma mère qui a été toujours chaleureuse et présente avec beaucoup d'amour et de tendresse dans les moments importants et marquants dans ma vie, mon généreux père qui m'a tout appris, ne m'a privé de rien et à tout sacrifié pour me voir ici.*

*A mes chers frères,*

*A mes adorables sœurs,*

*A mes oncles et tantes.*

*A tous les membres de ma familles.*

*A mes meilleures amies, à tous mes amis (es) en particuliers, Hind, Amina, Batoul.*

*A tout mes ami (es) de la promotion 5<sup>me</sup> année informatique, avec eux je garde les meilleurs souvenirs de ma vie universitaire.*

*A ceux que j'ai connus, à ce que j'aime je dédie ce travail.*

*Shahira*

# Dédicace

*Avec l'aide de dieu, le très puissant, j'ai achevée ce modeste travail que je dédie à ma patrie, à mes chers parents à ma mère qui a été toujours chaleureuse et présente avec beaucoup d'amour et de tendresse dans les moments importants et marquants dans ma vie, mon généreux père qui m'a tout appris, ne m'a privé de rien et à tout sacrifié pour me voir ici.*

*A mes chers frères,*

*A mes adorables sœurs,*

*A la mémoire de ma grande mère.*

*A mes oncles et tantes.*

*A tous les membres de ma familles.*

*A mes meilleures amies chahira, hadjer, amissa à tous mes amis (es)*

*A tout mes ami (es) de la promotion 5<sup>ème</sup> année Informatique, avec eux je garde les meilleurs souvenirs de ma vie universitaire.*

*A ceux que j'ai connus, à ce que j'aime je dédie ce travail.*

*Hind*

## SOMMAIRE :

<b>Introduction</b> .....	1
<b>PARTIE 1 : PRESENTATION DU TRAVAIL</b>	
1. Les objectifs de notre travail.....	4
2. les résultats attendus .....	4
3. Méthode de travail : .....	4
<b>PARTIE 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE :</b>	
I . La Notion de produit.....	6
I.1. Définition du produit .....	6
I.2. La vision écologique du cycle de vie du produit .....	7
Conclusion.....	9
II.La Notion de l'environnement .....	10
II.1. Définition d'impact environnemental.....	10
II.2. Relation produit - impact environnemental.....	10
II. 3. Problèmes environnementaux .....	12
II.3.1. Problèmes environnementaux globaux .....	13
a) Réchauffement de la planète.....	13
b) Appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique.....	14
c) Epuisement des ressources naturelles non renouvelables .....	14
d) Épuisement des ressources renouvelables: .....	14
c) Perte de biodiversité .....	14
II.3.2. Problèmes environnementaux régionaux et locaux.....	15
a) Pollution de l'air .....	15
Pluies acides.....	15
Formation de smog photochimique.....	16
b) Pollution dans l'eau.....	16
c) Pollution des sols.....	16
Conclusion.....	17

III. La gestion du cycle de vie environnementale .....	18
III.1. Définition de la GCV .....	18
III.2. Les bénéfices d'une GCV .....	18
a) Avantage de la GCV de point de vue de l'environnement.....	18
b) Avantage de la GCV de point de vue économique.....	18
III.3. Les outils supports à la GCV .....	19
□ Les check- lists .....	20
□ Le sac à dos écologique .....	20
□ L'espace nvironnemental : .....	20
□ L'évaluation simplifiée et qualitative du cycle de vie.....	20
□ L'analyse du cycle de vie .....	20
IV. L 'analyse du cycle de vie .....	21
IV. 1. Historique d'ACV .....	21
IV.1.1 De nombreuses filiations .....	21
IV.1.2 Quelques repères historiques .....	22
IV.2 Présentation de la méthode ACV .....	23
A. Définition des objectifs et du champ d'étude.....	24
A.1 Définition des objectifs : .....	24
A.2 Définition du champ d'étude : .....	25
B. Analyse d'inventaire (LCI) .....	28
B.1 Diagramme des flux : .....	28
B.2 La collecte de données : .....	28
B.3 La validation des données et l'identification de leurs qualités : .....	28
C. L'évaluation d'impactenvironnementaux (LCIA).....	29
C.1. Sélection des catégories d' impacts, les indicateurs de catégories et le modèle de caractérisation : .....	31
C.2. La classification : .....	32
C.3. La caractérisation : .....	34
C.4. La normalisation : .....	34
C.5 .Le groupement : .....	35
C.6. La pondération : .....	35

D. L'interprétation.....	36
D.1. Identification des issues significatives .....	36
D.2. Evaluation.....	37
D.3. Les conclusions et les recommandations .....	38
IV.3. Exemple.....	38
IV.4. Avantages et limites d'ACV.....	48
V. Les méthodes d'évaluation :.....	50
V.1. Les différentes méthodes d'évaluation d'impacts .....	50
V.2. Méthode EPS :.....	52
1. sélection de catégorie d'impacts et l'indicateur de catégorie .....	52
2. Classification.....	56
3. Caractérisation.....	56
4. Pondération.....	57
V.3. Exemple .....	57

### **PARTIE 3 : CONCEPTION**

I. Spécification générale du logiciel .....	68
II. Architecture du logiciel :.....	70
II.1. Architecture générale du logiciel :.....	70
II.1.1 Module de gestion de projet :.....	71
II.1.2 Module de gestion de la solution technique:.....	71
II.1.3 Module d'évaluation des impacts environnementaux EPS .....	72
III. La modélisation des données:.....	73
III.1 Introduction .....	73
III.2. Découpage de l'aspect statique (données) :.....	73
III.2.1 Sous schéma conceptuel solution technique :.....	74
Liste des entités :.....	76
Liste des associations :.....	78
III.2.2 Sous Schéma etude :.....	85
Liste des entités :.....	85
Liste des associations:.....	86
III.2.3 Sous modèle d'évaluation impacts environnementaux EPS :.....	87



Liste des entités : .....	87
Liste des associations : .....	88
III.2.4 Les relations entre les trois sous-schémas .....	91
III.2.4.1 Sous- schéma etude et solution technique .....	91
III.2.4.2 Sous schéma solution technique & évaluation d'impacts :....	93
III.2.4.3 Sous schéma évaluation d'impacts environnementaux et etude .....	93

#### **PARTIE 4 : REALISATION**

Outils de développement .....	95
-------------------------------	----

#### **PARTIE 5 : CONCLUSION GENERALE**

Conclusion générale .....	99
---------------------------	----

#### **LES ANNEXES :**

<b>Annexe 1 : la série de norme ISO 14040-43</b> .....	102
--	-----

#### **Bibliographie**

Liste des figures :

<b>Figure 2.1</b>	Les différents niveaux du produit	6
<b>Figure2.2</b>	Cycle de vie produit selon les écologistes	8
<b>Figure2.3</b>	Facteur d'impact, effet d'impact, illustration en pollution atmosphérique	11
<b>Figure2.4</b>	Classification des problèmes environnementaux	12
<b>Figure2.5</b>	Les outils support à la GCV	13
<b>Figure2.6</b>	Les phases d'ACV	19
<b>Figure2.7</b>	Diagramme des flux de matières pour l'ACV d'un produit	24
<b>Figure2.8</b>	L'enchaînement des étapes de la phase LCIA	26
<b>Figure2.9</b>	Le cycle de vie pris en charge dans l'exemple	30
<b>Figure2.10</b>	Représentation des résultats indicateurs des catégories d'impacts	39
<b>Figure2.11</b>	Représentation des résultats indicateurs des catégories d'impacts normalisées	45
<b>Figure2.12</b>	Représentation des résultats pondération	46
<b>Figure2.13</b>	Le principe de la méthode EPS	47
<b>Figure2.14</b>	Le cycle de vie pris en charge dans l'exemple	52
<b>Figure2.15</b>	Le cycle de vie de transistor de silicium	59
<b>Figure 2.16</b>	Le cycle de vie de transistor d'arséniure de gallium	62
<b>Figure2.17</b>	Incidence total sur l'environnement	66
<b>Figure3.1</b>	La prise en charge de L'ACV par le logiciel	69
<b>Figure3.2</b>	Architecture générale de l'outil	70
<b>Figure3.3</b>	Schéma conceptuel globale de données	73
<b>Figure3.4</b>	Représentation de sou schéma solution technique selon DECIDE	75
<b>Figure3.5</b>	Représentation de sou schéma solution technique Inventaire	75
<b>Figure3.6</b>	Les sous modèle conceptuel solution technique	84
<b>Figure3.7</b>	Le sous modèle conceptuel d'étude	86
<b>Figure3.8</b>	Le sous modèle conceptuel d'évaluation d'impact EPS	90

**Liste des tables :**

<b>Table 2.1</b>	Inventaire globe d l'exemple	40
<b>Table 2.2</b>	Catégorie d'impact, indicateurs de catégorie- exemple	41
<b>Table 2.3</b>	Classification de résultat LCI-exemple	41
<b>Table 2.4</b>	Modèle de caractérisation- exemple	42
<b>Table 2.5</b>	Calcule des résultats indicateur des catégorie-exemple	43
<b>Table 2.6</b>	Calcule des résultats indicateurs normalisation-exemple	45
<b>Table 2.7</b>	Calcule des résultats de pondération-exemple	46
<b>Table 2.8</b>	Les catégories d'impacts et indicateurs de catégorie de santé humaine	53
<b>Table 2.9</b>	Les catégories d'impacts et indicateurs de catégorie de production	54
<b>Table 2.10</b>	Les catégories d'impacts et indicateurs de catégorie de ressource de stock abiotique	55
<b>Table 2.11</b>	Les catégories d'impacts et indicateurs de catégorie de biodiversité	56
<b>Table 2.12</b>	Substance utilisée dans la production de gaufrette	60
<b>Table 2.13</b>	Les gaz concernant la production de transistor	60
<b>Table 2.14</b>	Les produits chimiques concernant la production des transistors	61
<b>Table 2.15</b>	Les substances utilisée dans la fabrication dans la gaufrette de GAAs	63
<b>Table 2.16</b>	Les gaz concernant la fabrication de transistor de GAAs	63
<b>Table 2.17</b>	Les produits chimique concernant la fabrication de transistor de GAAs	64
<b>Table 2.18</b>	Substance entrant dans le processus d'encapsulation	64
<b>Table 2.19</b>	La charge environnementale du processus transport	65
<b>Table 2.20</b>	La consommation d'énergie dans le processus utilisation	65

**Résumé :**

Les questions environnementales prennent une place toujours plus importantes dans la prise de décisions politiques, économiques, industrielles et individuelles.

Notre objectif est d'aider les entreprises à concevoir des produits écologiques, en mettant à leur disposition un outil support à une analyse environnementale des produits qui est basé sur l'analyse de cycle de vie selon la série de norme ISO 14040-43 suivant la méthode d'évaluation d'impacts environnementaux EPS.

**Summary :**

The environmental questions take a place increasingly more important in the decision-making political, economic, industrial and individual.

Our objective is to help the companies to design ecological products, by placing at their disposal a tool-support allowing an environmental analysis of the products which is based on the analysis of the cycle of life according to the series of ISO standard 14040-43 following the method evaluation of environmental impacts EPS..

### **Introduction générale :**

Nous prenons aujourd'hui conscience des limites de notre environnement : menaces d'épuisement des ressources surexploitées, réchauffement de la planète.....

la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, présidée par Mme Brundtland, avertit du danger des changements planétaires qu'entraîne l'activité humaine incontrôlée : "Nombre de ces changements s'accompagnent de dangers mortels. Il nous faut absolument prendre conscience de ces nouvelles réalités - que personne ne peut fuir - et il nous faut les assumer" [CMED 88].

pour protéger l'environnement, et par la même pour nous protéger, nous devons donc être capables de maîtriser les conséquences de notre activité sur l'environnement.

L'industrie qui est l'une des maillon de la chaîne des activités humaines a connu un développement remarqué tant dans sa diversité que dans sa capacité mais il faut noter que le processus d'industrialisation c'est effectué dans des conditions qui n'ont pas respecté les préoccupations environnementales. C'est ainsi l'industrie a causé des dommages tant sur l'environnement que la santé publique.

La prise de conscience de l'importance à accorder à la protection de l'environnement et aux impacts possibles associés aux produits fabriqués et consommés par nos entreprises a accru l'intérêt pour le développement de méthodes destinées à mieux comprendre et à réduire ces impacts. L'une de ces techniques en cours de développement est l'analyse du cycle de vie (ACV).

L'analyse du cycle de vie est une technique d'évaluation des aspects environnementaux et des impacts environnementaux potentiels associés à un produit, elle peut participer à :

- L'identification des possibilités d'amélioration des aspects environnementaux des produits à différents stades de leur cycle de vie.
- La prise de décision dans l'industrie et les organismes gouvernementaux ou non gouvernementaux.

Une ACV peut se faire avec plusieurs modèles d'évaluation d'impacts environnementaux tel que la méthode EPS (Environment Priority Strategy) basé sur l'intégration de la dimension monétaire par exemple, l'évaluation des impacts sur la santé humaine est basée sur le prix qu'une entreprise est prête à payer pour les gens.

Notre travail se focalise sur la conception et la réalisation d'un outil support à l'analyse du cycle de vie telle qu'elle est normalisée par la série de normes ISO 14040,41,42 et 43 en utilisant la méthode d'évaluation d'impacts EPS.

Ce document est divisé en cinq parties :

La première partie présente notre travail dans son cadre global c'est à dire : ses objectifs, les résultats attendus et la méthode suivie pour le réaliser.

La deuxième partie concerne une étude bibliographique détaillée, que nous avons partagée en sept chapitres : Le chapitre un présente les notions générales concernant le produit (sa définition et le cycle de vie du produit), ensuite le chapitre deux nous relatara des impacts environnementaux ( définition, notion sur relation entre l'environnement et le produit et la typologie des impacts).

Le chapitre trois exposera une des méthodes de la gestion environnemental qui est la gestion du cycle de vie environnementale GCV ( son principe, l'utilité et les bénéfices d'une telle méthode, les outils existant qui supportent la GCV).

le chapitre quatre qui nous détaillera un des outils support à la GCV qui est l'analyse du cycle de vie ACV.

Et comme dernier chapitre de cette partie, le chapitre cinq qui exposera une des méthodes d'évaluation d'impacts EPS et qui constitue le noyau du notre travail.

La partie suivante traitera la conception que nous avons faite, cette partie est divisée en trois chapitres, le premier traitera la spécification de l'outil, puis Le deuxième chapitre de cette partie concernera l'architecture du logiciel,et le dernier chapitre concernera la conception des données, qui explique comment nous avons abouti à notre modèle conceptuel des données.

La quatrième partie exposera le plan de réalisation.

Pour un compliment d'information, un annexe est joint à la fin du document.



*Partie I*  
*Présentation du travail*



### **I. Les objectifs de notre travail :**

Notre objectif est de concevoir et réaliser un outil support à la méthode ACV, cet outil permettra de :

- identifier les impacts environnementaux causer pendant les phases du cycle de vie d'un produit donné.
- Identifier la phase (ou les phases) du cycle de vie du produit ou nous avons les impacts environnementaux critiques.
- La gestion des informations quantitatives et qualitatives concernant la composition des produits et leurs rejets.

### **II. Les résultats attendus :**

Les résultats sont les résultats d'une étude d'analyse du cycle de vie :

- Amélioration des décisions pour la conception des produits écologiques.
- Pendant la phase conceptuelle d'un nouveau produit nous pouvons utiliser notre outil pour retirer la meilleur solution technique.
- Notre outil peut être utilisé pour faire un audit environnemental sur un produit déjà fabriqué.

### **III. Méthode de travail adoptée :**

La majorité de notre temps à été dépensée dans la collecte des information et de documentation pour préparer une étude bibliographique expliquant les différent notion nécessaire pour la réalisation de notre travail. tel que :Notion de produit, Notion environnemental, Gestion de cycle de vie environnemental, Analyse de cycle de vie, la méthode d'évaluation d'impact EPS qui à été proposée par notre promoteur.

En suite on a passé à la phase de conception pour définir l'architecture du logiciel (en module),et les principales structures de données.

Et en dernier la phase réalisation, ou nous avons opté pour l'environnement développement DELPHI 7.



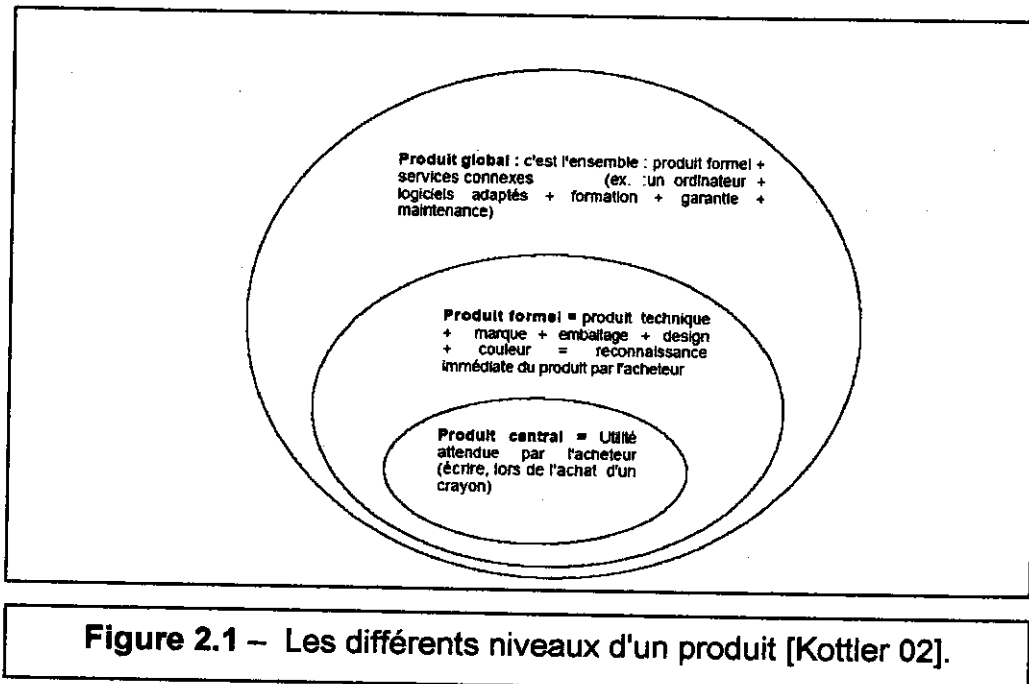
*Partie II*  
*Etude Bibliographique*

## I. Notion produit :

On se propose à travers ce chapitre de clarifier la notion de produit et de montrer l'intérêt pour les concepteurs, dans les entreprises industrielles, de prendre en considération l'aspect protection de l'environnement durant les phases de produit.

### I.1 . Définition d'un produit

Un produit satisfait un besoin. Cette satisfaction peut être obtenue par un produit matériel « un bien » ou par un produit immatériel « un service » (fig. 2.1).



Plus le produit est complexe, plus la concurrence se fera sur les services connexes (services accompagnant la vente et l'utilisation du matériel). En téléphonie mobile, par exemple, le produit (téléphone) est bradé, voire offert, dans le seul but de pousser le client à consommer du service (des unités téléphoniques). Mais ce n'est pas le cas lorsque le produit est innovant ou en petite série.

La définition du produit retenue s'inspire largement des différentes normes du marché :

- Le produit constitue le résultat d'une activité ou d'un processus [ISO 8402], peut être un matériel ou un service ou une combinaison de ceux-ci.
- Le produit correspond à ce qui (ou sera) fourni à l'utilisateur pour répondre à son besoin [NF X 50-150].

Ainsi, un produit est une entité susceptible de satisfaire un besoin. C'est aussi le résultat d'activités ou de processus.

## **1.2 . La vision des écologistes du cycle de vie du produit :**

Dans les années cinquante et soixante, des chercheurs mirent en évidence l'existence d'évolutions caractéristiques des marchés des produits, depuis leur apparition jusqu'à leur disparition. La relative régularité avec laquelle les produits connaissent des phases successives caractéristiques les amena à désigner cette succession par l'expression « cycle de vie », à laquelle l'expression « courbe de vie » est parfois substituée [Dean 50], [Mickwitz 59], [Berenson 67].

La courbe de cycle de vie suit globalement le tracé des courbes caractéristiques de toute espèce vivante. Pour comprendre le cycle de vie d'un produit, il est intéressant de le comparer à celui de l'homme. Cela montre qu'un produit subit une évolution passant de l'adolescence, par la période adulte, jusqu'à la mort. Donc, le cycle de vie d'un produit est un ensemble de phases consécutives et liées, allant de l'idée initiale à l'élimination finale.

Cette vision permet de représenter toutes les activités de l'acquisition des matières premières ou de la génération des ressources naturelles à élimination finale du produit (Fig. 1.2).

La représentation de ces étapes peut s'envisager comme un cycle. Les deux extrémités se rejoignant signifient la valorisation du déchet en matière première secondaire dans le début du cycle d'un autre produit.

**Etape 1 : Acquisition de la matière première et leur mise en forme**

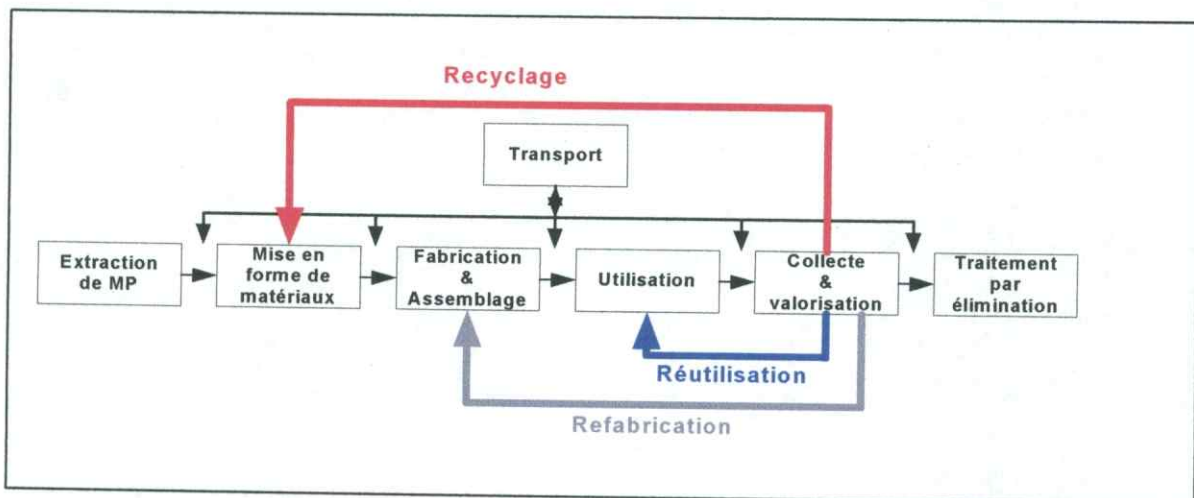
C'est l'acquisition de la matière qu'on a besoin pour qu'elle rentre dans le processus de fabrication d'un produit qui est de nature organique (substance) ou bien un produit semi-fini Energie...etc.

**Etape 2 : Fabrication**

C'est l'étape très importante pour que le produit puisse voir le jour et qui consiste à la transformation de la matière première en produits industriels ou commerciaux.

**Etape 3 : Utilisation**

C'est la phase où le produit entre dans le service et où il va rendre son utilité aux clients (utilisateur).



**Figure 2.2** : Cycle de vie du produit selon les écologistes [Keoleian 95].

#### Etape 4 : Transportation

Dans le cycle de vie le mot transportation désigne transportation de la matière première jusqu'au lieu de fabrication et de produit jusqu'à son utilisateur final ainsi, y compris le transport jusqu'à la destruction du produit.

#### Etape 5 : Valorisation

Attribuer une valeur à ce qui n'en a pas ou plus, comme par exemple les déchets. Par extension, désigne toute étape de traitement donnant lieu à une récupération d'énergie (incinération avec récupération d'énergie) ou de matière (recyclage, compostage).

#### Etape 6 : Destruction/ Elimination

C'est une étape de la fin de vie d'un produit dans cette étape le produit n'est plus utile pour l'utilisateur.

#### Etape 7 : Réutilisation

Cette étape caractérise un produit qui a été conçu et pensé pour accomplir, pendant son cycle de vie, un certain nombre de trajets, de rotations ou d'utilisations pour la même tâche pour laquelle il a été conçu.

#### Etape 8 : Recyclage

Dans cette étape en procédant à la réintroduction d'un matériau dans un cycle de production, en remplacement total ou partiel d'une matière première neuve (exemple : fabrication de papier en incorporant des fibres issues de vieux papiers au lieu de pâte vierge)

**Conclusion :** Au premier temps on a penser à fabriquer un bon produit ,sans prendre en compte l'aspect environnement , mais ou cours des années on a améiore le produit à l'aide des outils qui utilise sont cycle de vie , comme ACV qui serra détaillée dans un chapitre à part.

## II. La notion environnement :

Derrière les préoccupations "environnementales" qui émergent aujourd'hui, on trouve : l'effet de serre, la déplétion de la couche d'ozone, la pollution atmosphérique ..... Toutes ces préoccupations sont regroupées dans une nébuleuse "environnement", que nous allons tenter dans un premier temps de clarifier.

Le petit Robert propose la définition suivante :

- Environnement : "l'ensemble des conditions naturelles (physique, chimique et biologiques) et culturelles (sociologiques) dans lesquelles les organismes vivants (et en particulier l'homme) se développent".

Cette définition offre une vision globale, mais peu précise, de l'environnement. Notre travail vise à intégrer les composantes de l'environnement en milieu industriel .

### II. 1. Définition d'impacts environnemental :

la norme ISO a définies impacts environnementaux comme « toute modification de l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des activités, produits ou services d'un organisme » [ISO 14001] .

### II.2. Relation produit-impact environnemental :

aucun produit ne parcourt son cycle de vie sans consommer ou polluer. Ne serait-ce que pour obtenir les matériaux : la consommation de ressources minérales, végétales ou animales, sans oublier les ressources énergétique ou encore les consommation d'eau et d'espaces naturels .

tout produit est aussi à l'origine de rejets de substances dans l'eau, l'air ou les sols. ces consommation et ces rejets sont sources d'impacts sur l'environnement : épuisement des ressources naturelles, pollution de l'eau, de l'air , production de déchets.

pour mieux cerner la relation entre produit et impact l'environnemental, il est très important d'introduire les concepts suivants : - **facteur d'impact**

-**effet.**

-**impact.**

P. Rousseaux [Rousseaux 93] définit un **effet** comme le résultat d'une action sur une cible. une substance (a) a un effet potentiel sur une cible, effet qui se réalisera si

(a) rencontre la cible. L'impact de (a) sur la cible correspond aux effets observés après la rencontre, en comparant l'état initial et l'état final de la cible. La substance (a) est un **facteur d'impact**, connue pour son implication dans l'effet potentiel considéré.

L'**impact** implique l'action d'un système source sur un système cible. Le système source considéré ici est une activité humaine, le système cible est une composante de l'environnement (homme, écosystème..), on peut définir l'impact comme un changement d'état du système cible sous l'action du système source. [P. Rousseaux]

La distinction entre effet, impact, et facteur d'impact est également abordé par [E. Labouze]

[Labouze 95] : "L'effet (phénomène observé au niveau de l'élément causal) est un événement qui est la conséquence objective de l'action envisagée. L'impact (état de référence après l'effet - État de référence avant l'effet) est la transposition subjective de cet événement sur une échelle de valeur; il est le résultat d'une comparaison entre deux états, un état de référence et un état qui résulte de l'action envisagée.

un exemple simple illustrant ces différents termes ; les gouttes de pluies sont des facteurs d'impact pouvant entraîner l'effet potentiel "croissance de la plante" si la cible "plante" est atteinte. L'impact des gouttes de pluie sur la plante est alors la variation de taille de la plante due à son arrosage par les gouttes de pluie.

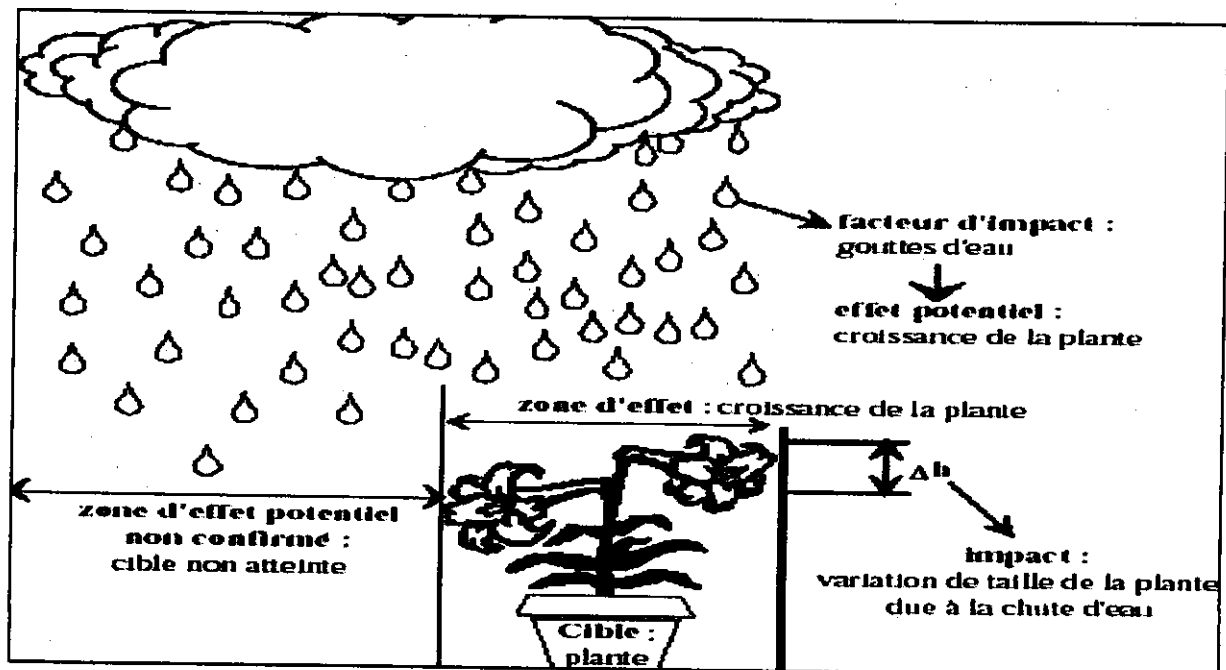
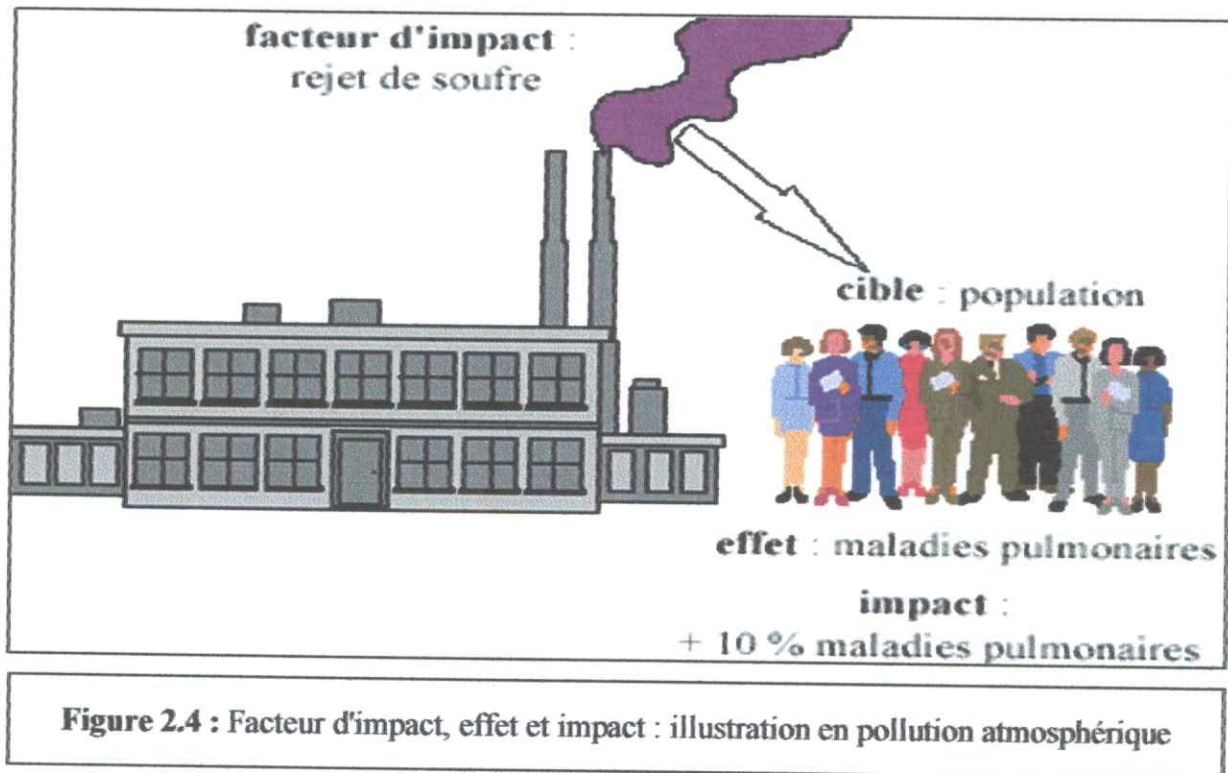


Figure 2.3 : Exemple de Facteur d'impact, effet potentiel [Personne 98]



Un autre exemple plus proche de l'environnement industriel proposé (Figure 2.4) ; un rejet industriel de dioxyde de soufre est un facteur d'impact qui, s'il atteint la cible qu'est la population susceptible d'inhaler ce polluant, peut déclencher sur cette population un effet, les maladies pulmonaires, l'impact étant alors l'augmentation du taux des maladies pulmonaires due à la présence du polluant.



### II.3. PROBLEMES ENVIRONNEMENTAUX :

Les problèmes environnementaux correspondent aux changements négatifs de l'environnement qui sont dus à l'activité humaine.

Vu l'importance de ce concept, plusieurs classifications existent, nous retenons la classification, dite classification par zone géographique, élaborée par l'Institut canadien<sup>1</sup> de développement.

<sup>1</sup> L'Office de l'efficacité énergétique  
<http://oee.nrcan.gc.ca/>

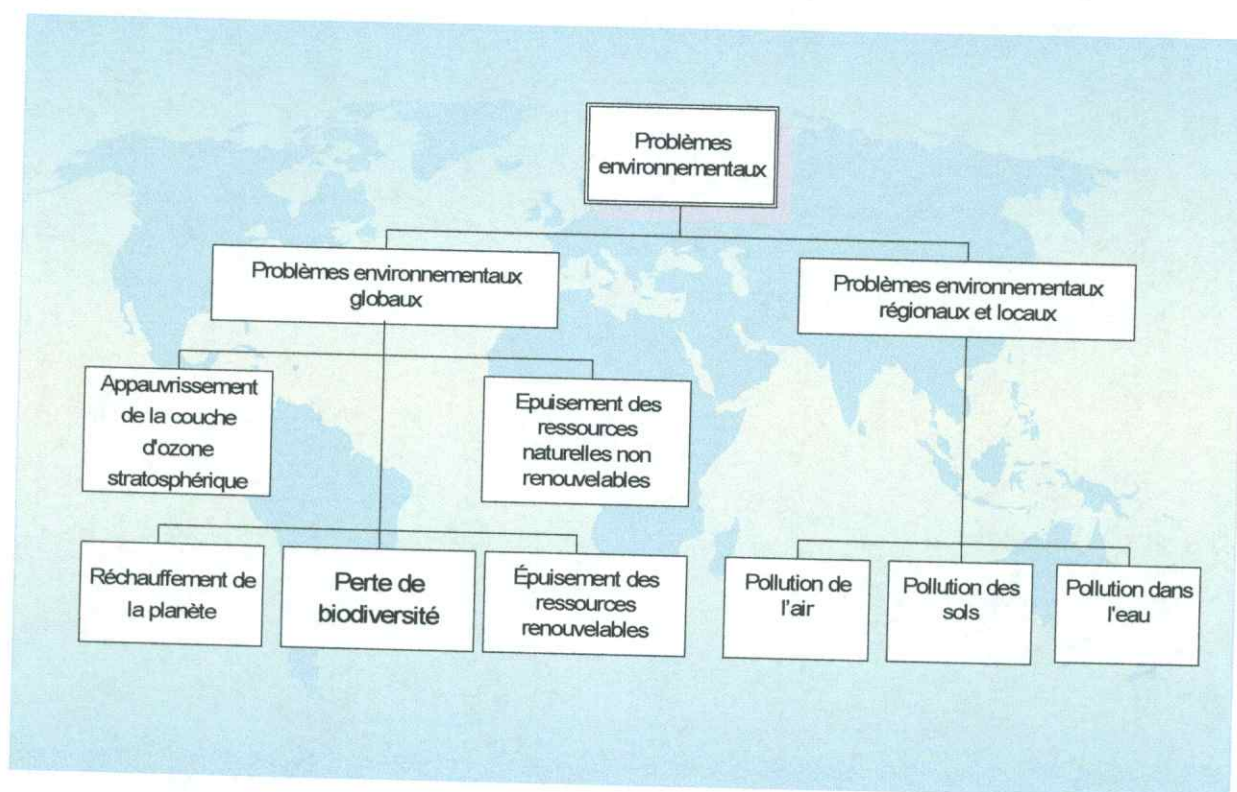


figure2.5 : classification des problèmes environnementaux .

### II.3.1. Problèmes environnementaux globaux :

Ce sont des problèmes qui touchent une surface très vaste, elle peut même aller jusqu'au la contamination de la planète complète. Parmi lesquels nous trouvons :

- Réchauffement de la planète .
- Appauvrissement de la couche d'ozone .
- Épuisement des ressource naturelles non renouvelable.
- Épuisement des ressources renouvelable.
- Perte de biodiversité.

#### a) Réchauffement de la planète :

Ces derniers temps le réchauffement de la planète est devenu une grande préoccupation.

l'augmentation de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>...) dans l'atmosphère causé par l'activité humaine emprisonnent la chaleur du soleil, empêchant ainsi le rayonnement de se dissiper dans l'espace.

Les conséquences d'une telle augmentation seraient considérable : inondations, désertification, dissémination des maladies, disparitions d'espèces animales. Le réchauffement de la planète est donc considéré par beaucoup comme le défi environnemental du XXI siècle .

**b) Appauvrissement de la couche d'ozone :**

Ce parasol géant, d'une épaisseur d'environ 20 Kilomètres, est fait d'une couche de gaz, l'ozone(O<sub>3</sub>). Ce gaz se trouve entre 15 et 35 Kilomètres au-dessus de la surface de la terre, dans l'atmosphère , que l'on appelle aussi stratosphère.

La couche d'ozone, comme une paire de bons verres fumés Représente un filtre naturel qui retient la plus grande partie Des rayons ultra-violets(UV) nocifs du soleil.

Sans la couche d'ozone, un plus grand nombre De personnes souffriraient de coups de soleil, De cancers de la peau et de cataractes.

Les plantes Et les animaux seraient également touchés. L'amincissement de l'ozone stratosphérique est lié A la fois à l'activité humaine et a des facteurs naturels (par exemple : éruption volcanique..) ce pendent, le phénomène est en grande partie relie à la production et aux émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO),notamment les chlorofluorocarbures (CFC) utilisées dans les réfrigérateurs, les appareils de climatisation.

**c) Epuisement des ressource naturelles non renouvelable :**

Une ressource naturelle est qualifiée de non renouvelable (ou épuisable) lorsque le temps nécessaire à sa création dépasse largement le temps d'une vie humaine. Par exemple les combustibles fossiles, comme le charbon, le pétrole, le gaz naturel.

Certains produits issus de ressources non renouvelables sont recyclables, d'autres ne le sont pas.

**d) Epuisement des ressource naturelles renouvelable :**

L'épuisement des ressources naturelles renouvelables survient quand le taux d'extraction ou d'utilisation est supérieure au taux de régénération. Par exemple : les forêts , pêches.

**e) Perte de biodiversité :**

**Biodiversité** : ce terme désigne toutes les formes de la vie sur terre et les caractéristiques naturelles qu'elle présente (Quirion et Bourbeau, 199X). "BIO" du grec bio signifie "vie". Donc la signification de biodiversité est : diversité de la

vie. Le développement économique, la pollution, l'agriculture et la pêche industrielles intensives mettent à mal cette biodiversité naturelle. un exemple :20% des espèces de poissons sont menacées de disparition.

### **II.3.2. Problèmes environnementaux régionaux et locaux :**

Contrairement au premier types des problèmes, celui-la et comme son nom l'indique se focalise sur une partie de la terre (région) et qui regroupe :

- Pollution de l'air.
- Pollution dans l'eau.
- Pollution des sols

#### **a) Pollution de l'air :**

L'air est l'un des élément nécessaire à la vie, et celui qui nous consommons en plus grand quantité. La pollution de l'air a des répercussions néfastes sur la santé, plus pratiquement sur la santé des enfants, des personnes âgées et des personnes souffrant de troubles respiratoires et cardiaques.

Des études et des statistiques révèlent que la pollution de l'air cause chaque année le décès des milliers de personnes et de nombreux problèmes de santé, dont les plus connus :

- **Pluies acides :**

Deux types de polluant courant, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), sont les principales causes des pluies acides. ces polluant proviennent en grande partie des centrales thermiques qui utilisent du charbon, des fonderies de nickel et de cuivre et des véhicules automobiles. Lorsque ces substances sont émis dans l'atmosphère, elles sont susceptibles d'être transportées sur de grandes distances par les vents dominants avant de retomber sur terre sous forme de précipitation acides (pluie, neige, brouillard ou poussière). Pratiquement tout ce qui reçoit ces précipitations (le sol, l'eau, les plantes et les matériaux de construction) est susceptible d'être pollué.

- **La pollution smog-photochimique :**

A l'origine, le terme « smog », amalgame des termes anglais smoke et fog , désignait un mélange de fumée et de brouillard. il désigne maintenant une mixture délétère de polluant atmosphérique, dont des gaz et particules qui prend souvent d'une aspect d'une brume d'un jaune brunâtre ou d'un gris blanchâtre.

Deux ingrédient principaux du smog sont les particules en suspension dans l'air et l'ozone troposphérique. Ces polluant semblent beaucoup nuire à la santé humaine, en particulier chez les personnes qui ont des maladies cardiaques ou pulmonaires, en plus les particules en suspension dans l'air et l'ozone troposphérique dégradent la végétation et détériorent certaines matières naturelles et synthétique, notamment les peintures.

**b) Pollution dans l'eau :**

L'eau c'est la vie, l'eau réunit un ensemble exceptionnelles de propriétés physiques et chimiques, elle peut devenir solvant, fluide, thermique ou simplement liquide facile à manipuler, ces propriété expliquent pourquoi l'eau est impliquée dans les grandes activités industrielles et humaines.

Parmi les principaux polluant ,se trouvent des substances toxiques d'usage industriel, agricole et domestique, les hydrocarbures et certaines pesticides. Comme exemple de pollution dans l'eau : l'eutrophisation qui résulte d'un apport excessif de nutriments, en particulier d'azote et de phosphore, dans un milieu aquatique. Cet enrichissement du milieu a pour conséquences une prolifération d'algues, qui entraîne des perturbations importantes de tout le système aquatique. L'un des effets les plus notables est un appauvrissement en oxygène dissous et, de ce fait l'asphyxie des poissons.

**c) pollution des sols :**

les rejets d'activités industrielles, l'enfouissement de matière résiduelles et de déchets municipaux, les déversements ou infiltration accidentelles, sont les principaux polluant des sols. Les conséquences de cette contamination sont : la toxicité humaine et des écosystème , la contamination de l'eau souterraine et la perte d'usage d'un terrain.

### **II.3. Conclusion :**

Les impact mentionné ci-dessous sont plutôt les impacts sociaux relative a la santé comme conséquence de ces problèmes, car la santé n'a pas de prix mais elle a un coût.

Dans notre travaille , on se focalisera sur les impacts causée par l'industrie (produit). L'industrie à connu un développement remarqué tant dans sa diversité que dans sa capacité, mais il faut noter que le processus l'industrialisation s'est effectue dans des conditions qui n'ont pas respecté les préoccupation environnementale.

C'est ainsi l'industrie a causé des dommages tant sur l'environnement que la santé publique, la dégradation des milieux naturels, la pollution de l'eau, la pollution atmosphérique, l'accumulation de déchets toxique, la consommation de vaste étendue de terre agricole.. **[Gauvin]**

Il existe aujourd'hui un grand nombre d'outils de contrôles et approches qui sont à la disposition de l'entreprise pour évaluer sa situation environnementale est ses performances comme :Management environnementale, Analyse environnementale, la gestion de cycle de vie environnementale (GCV).

### **III. la gestion de cycle de vie environnementale (GCV) :**

#### **III.1. définition de GCV :**

la gestion du cycle de vie est une approche intégrée visant à minimiser les charges pour l'environnement, associées à un produit ou un service au cours de son cycle de vie.

L'adoption d'une perspective de gestion du cycle de vie assure que les choix d'une compagnie sont bons pour l'environnement, ce qui est dans l'intérêt de tous.

Les entreprises mettent en oeuvre la gestion du cycle de vie peuvent aussi bénéficier d'avantages compétitifs, y compris des réductions de coûts, et d'un rayonnement public amélioré.

l'adoption d'une attitude de gestion du cycle de vie peut aider à assurer que les choix effectués par cette entreprise sont justes du point de vue de l'environnement.

#### **III.2. Les bénéfices d'une GCV**

Le concept de la GCV est couramment employé pour intégrer la problématique environnementale dans la conception des produits et qui a donné beaucoup de satisfaction, il est avantageux d'un point de vue commercial ainsi que du point de vue de l'environnement ; la GCV produit de meilleurs renseignements pour les décideurs, elle peut contribuer au développement d'avantages compétitifs. Les bénéfices varieront d'une entreprise à l'autre, mais la plupart des entreprises peuvent s'attendre à connaître au moins certains des avantages [SAIC 00] :

##### **a) Avantage de la GCV de point de vue de l'environnement**

- Surveiller le contenu chimique du produit (présence éventuelle de substances toxiques) et d'éviter leur diffusion .
- Maîtriser la communication énergétique et matérielle et offre la possibilité de la réduire .
- Penser le traitement du produit usagé dès sa naissance en terme de réutilisation et recyclabilité des produits et d'améliorer ces derniers volets.

##### **b) Avantage de la GCV de point de vue économique**

- Une arme concurrentielle importante pour maintenir les relations avec les clients

- Réduire les prix des taxes de plus en plus dissuasives sur la mise en décharge des produits usagés afin de garder une bonne relation entre entreprise et gouvernement.
- Réduire les dépenses non négligeables avec la notion de réutilisation, recyclage.

### III.3. Les outils supports à la GCV :

La GCV utilise un coffre à outils composé de diverses approches et méthodes, telle que : l'analyse de cycle de vie (ACV), check-liste, espace environnemental (EE).

Tous ces outils ont des points communs qui sont la prise en compte de toute la chaîne des acteurs, tout au long du cycle de vie (d'amont en aval).

Les seules différences entre ces différents outils sont :

- le type des flux du cycle de vie pris en charge, flux entrant (ressources) ou sortant (émission et rejet) ,par exemple : le sac à dos MIPS traite les ressources tandis que l'Analyse du cycle de vie (ACV) traite les flux entrants et sortants.
- Le type de donnée : des données quantitatives ou qualitatives.

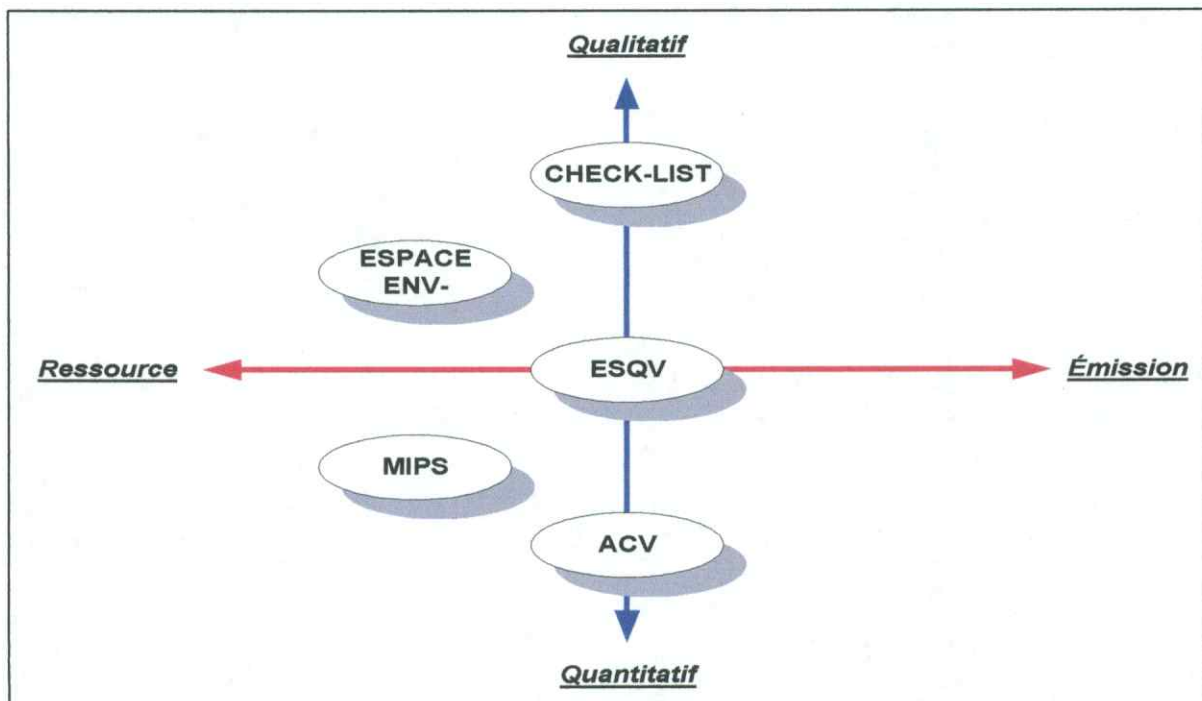


Figure2.6 : Les outils supports à la GCV



- **Check-lists** : Une check-list est un document comportant plusieurs questions ou recommandations quant aux critères à respecter ou cibles à atteindre pour un produit ou un service.
- **Evaluation simplifiée et qualitative du cycle de vie (ESQCV)**: le cadre théorique de cette nouvelle méthode donné dans le fascicule de documentation d'AFNOR FD X30-310. Elle vise à rechercher d'une façon simple des pistes d'améliorations écologiques tout au long du cycle de vie d'un produit, sur la base d'un nombre restreint d'informations environnementales.
- **Sac à dos écologique (MIPS)**: ce concept a été développé en 1994 par M.Schmidt-Bleek vise à la consommation d'environnement total d'un produit
- **Espace environnemental (EE)**: depuis le début des années 90 le concept d'espace environnemental a été présenté dans plus de 30 pays par la campagne 'Sustainable Europe', organisé notamment par les amis de la terre. On souhaite disposer d'un outil d'évaluation applicables aux produits.
- **Analyse de cycle de vie** : l'analyse du cycle de vie ACV ( en anglais : life cycle assesement LCA) est définie dans la norme 14040 [ISO 14040] comme suit :

***<< compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system through its life cycle >>***

Une ACV s'attache ainsi à réaliser un bilan de l'ensemble des flux entrants et sortants à chaque étape de la vie d'un produit afin d'obtenir un inventaire global dont l'analyse et l'interprétation permettent de poser des conclusions solides pour l'amélioration environnementales des produits.

C'est un outil d'évaluation des impacts sur l'environnement (par exemple : milieux physiques, ressources naturelles et êtres vivants) d'un système comprenant l'ensemble des activités associées à un produit, ou à un service, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à l'élimination des déchets.

Dans le chapitre suivant nous allons parler sur l'ACV avec plus de détaille.

#### **IV . L' analyse de cycle de vie [ACV]**

Dans cette partie du travail, nous essayons de voir avec plus de détails la méthode ACV ; nous commencerons par un bref historique, puis nous présenterons la méthode en détail, à l'aide d'un exemple qui montre le déroulement de la méthode .

##### **IV.1. Historique d'ACV :**

###### **IV.1.1 De nombreuses filiations**

Les analyses de cycle de vie trouvent leur origine dans des études portant sur des comparaisons de matériaux entre eux, puis dans des investigations faites afin de mesurer l'impact des facteurs énergétiques dans la production et la distribution des produits industriels suite aux chocs pétroliers.

Les méthodes utilisées, dès les années 1970, aux Etats-Unis sur les questions d'emballages étaient dénommées "REPAs" pour Resource and Environmental Profiles Analyses, c'est-à-dire, les analyses des profils environnementaux et d'utilisation des ressources naturelles. Elles étaient centrées sur les consommations d'énergie, les consommations de matières premières, de ressources naturelles et la production de déchets, en relation avec les discussions du moment sur la croissance et l'environnement(Club de Rome notamment).

Mais les méthodes mises en œuvre conduisaient à des résultats difficilement exploitables d'un pays à l'autre, d'un produit à l'autre en raison de l'hétérogénéité des données utilisées et des diverses approches peu homogènes.

Confrontés à cet état de fait, les industriels et les pouvoirs publics demandèrent l'élaboration d'une façon de faire systématique, reproductible et comparable au minimum aux échelles régionales (Europe, Amérique, Asie, etc. ...).

L'étude de l'incidence environnementale des produits lancée par le BUWAL (Ministère suisse de l'environnement, la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) et des universitaires(Leiden, Copenhague, Munich, ...) ont répondu à cet appel.

La nécessité de disposer de bases méthodologiques solides pour développer des analyses de cycle de vie "crédibles" a conduit la SETAC à proposer, dès 1993, un code de bonnes pratiques qui a constitué la référence des développements ultérieurs. Dans le même temps, à Paris, l'organisation internationale de normalisation (ISO) inscrivait l'analyse de cycle de vie dans le programme de

développement des normes relevant du management environnemental (Comité Technique 207).

Enfin, dans le prolongement du travail qu'elle a exécuté aux fins de proposer un code de bonne pratique, la SETAC a développé une méthode dénommée EDIP (Environmental Design of Industrial Products ou conception environnementale des produits industriels) dans le droit fil des travaux de normalisation sur la prise en compte de l'environnement dans la conception des produits (cf. projet de document technique dit DFE - Design For Environment).

#### **IV.1.2. Quelques repères historiques**

**Années 1970** - A la suite du premier choc pétrolier, les entreprises industrielles font l'inventaire des flux énergétiques consommés par leurs activités et les activités associées, sous forme d'analyses des profils environnementaux et d'utilisation des ressources.

**1984** - Première méthode suisse d'écobilan (BUWAL) faisant suite aux études allemandes sur les matériaux et visant à évaluer les avantages associés au recyclage.

**1990** - Séminaire de Vermont (USA) de la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) soulignant la nécessité d'élargir la notion d'écobilan fondée sur les bilans matières/énergie à la notion d'analyse de cycle de vie (ACV).

**1990** - Première analyse de cycle de vie en France sur les produits d'emballages en acier de SOLLAC

**Mars 1994** - Publication de la norme française AFNOR X30-300 - Analyse ce cycle de vie : définition, déontologie et méthodologie

**1997** - Publication de la première norme internationale sur les analyses du cycle de vie - ISO 14040 -Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre.

**1998** - Publication de la norme internationale ISO 14041 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire

**1999** - Publication du fascicule de documentation français AFNOR FD X 30-310 – Management environnemental - Prise en compte de l'environnement dans la conception des produits – Principes généraux

**2000** - Publication de la norme internationale ISO 14042 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Evaluation d'impact du cycle de vie

**2000** - Publication de la norme internationale ISO 14043 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Interprétation du cycle de vie

#### **IV.2. Présentation de la méthode ACV**

plusieurs organismes régionaux et internationaux travaillent sur le développement de l'ACV, et chacun avance indépendamment et sans prendre en compte ce que ce fait ailleurs ; c'était la caractéristique principale des premières années de l'apparition de l'ACV, par conséquent, il était très difficile de parler d'une méthodologie bien définie dans un cadre académique, jusqu'à ce que ISO l'apprenne en charge dans sa série de normes ISO 1404X.

Cette méthode est articulée en quatre phases bien distinctes mais interdépendantes car tout au long de l'étude de fréquents retours sont nécessaires ce qui rend la démarche général itérative .

Les différentes phases du cycle de vie sont présentées dans la figure suivante et seront détaillées par la suite :

Les différents phases d'analyse de cycle de vie sont représentées dans la figure (2.7) et seront détaillées par la suite .

Ces phases correspondent aux séries de normes ISO 1404X comme suit :

- **ISO 14040** ; cadre générale de la méthode, un flash sur les différentes étapes, leur enchaînement,
- **ISO 14041** ; la définition des objectifs et du champ d'étude et fournit des techniques et des conseils en terme de transparence de procédures et de données méthode pour mener un inventaire, de même que la première norme celle-ci donne des prescriptions et recommandations technique pour faire un inventaire.
- **ISO 14042** ; évaluation des impacts potentiels sur l'environnement.
- **ISO 14043** ; interprétation des résultats, avec un petit passage qui illustre les liens entre l'ACV et les autres systèmes de management environnemental (SME), avec les limites d'ACV.

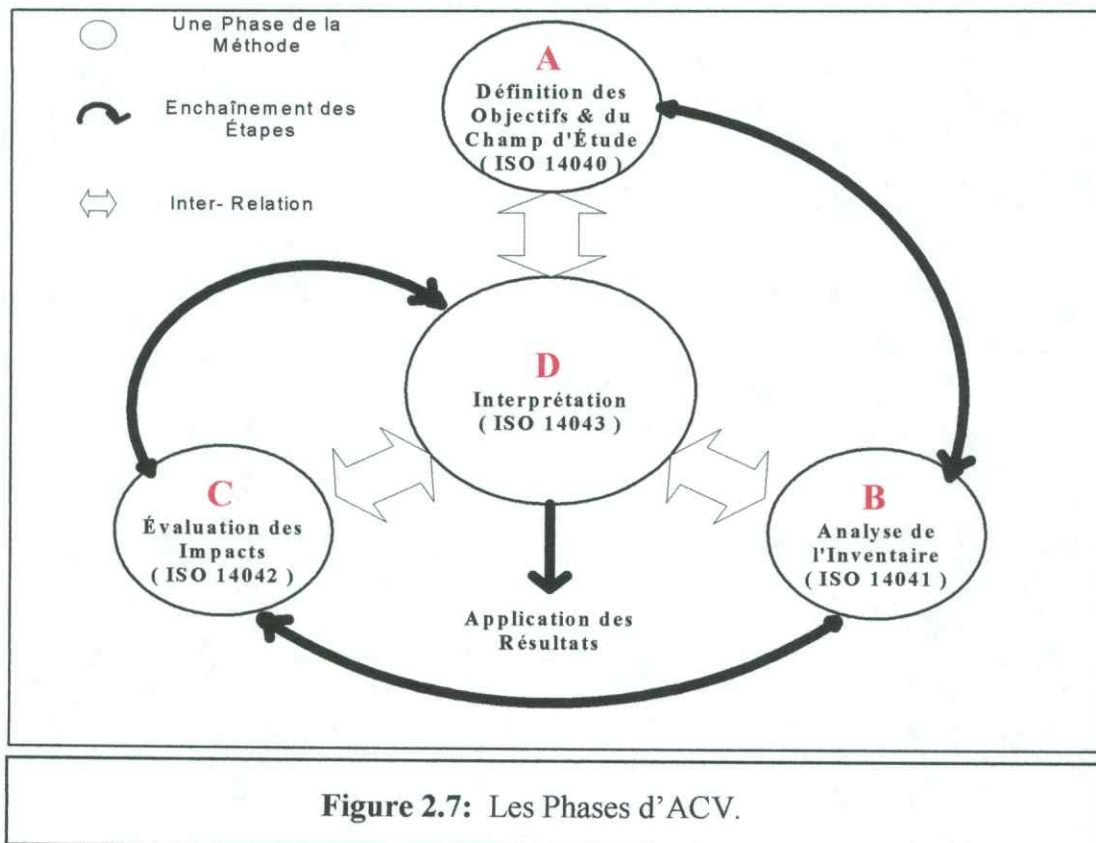


Figure 2.7: Les Phases d'ACV.

### A.phase1 : Définition des objectifs et du champs d'étude

Cette première phase est capitale : tout le déroulement de l'ACV en dépend . Elle implique de discerner avec réalisme ce qui est souhaité de ce qui est possible, puis de le définir clairement.

#### A.1. Définition des objectifs :

Les études d' ACV sont généralement effectuées pour répondre à certaines questions spécifiques , la nature de ces questions déterminants les objectifs de l' étude. Donc cette étape présente les raisons pour les quelles l' étude est conduite et comment les résultats seront représentés .

À titre d'exemple, les objectifs d'une ACV peuvent être de:[ISO 14040]

- comparer entre eux différents types de produits qui rendent le même service;
- fournir une base quantitative à l'analyse environnementale initiale exécutée pour l'implantation d'un système de management environnemental (exemple : Gestion responsable MD, ISO 14041, etc.);
- identifier les processus ou les phases de vie d'un produit ou d'un service qui montrent des inefficacités dans l'utilisation de matières et d'énergie, avec une épargne économique et environnementale conséquente;

- identifier et quantifier les émissions de gaz à effet de serre (GES);
- concevoir de nouveaux produits et procédés ou services en accord avec les principes du développement durable (" Design for environment " (DfE));
- fournir aux autorités concernées une base scientifique et objective pour l'attribution d'Écolabels;
- assister les entreprises et les gouvernements dans l'application de leur politique d'approvisionnement " vert ":

#### **A.2. Définition du champ d'étude :**

Il est nécessaire ensuite de fixer le système à étudier et ses priorités. Quelles sont les informations à récolter, avec quelle précision, sont-elles disponibles dans les bases de données existantes ou faut-il les mesurer ? Les données issues des bases ont-elles une validité vis-à-vis du but recherché ? Quelle est la zone géographique considérée (énergie, matières premières, livraisons des produits, etc.) [ISO 14040]

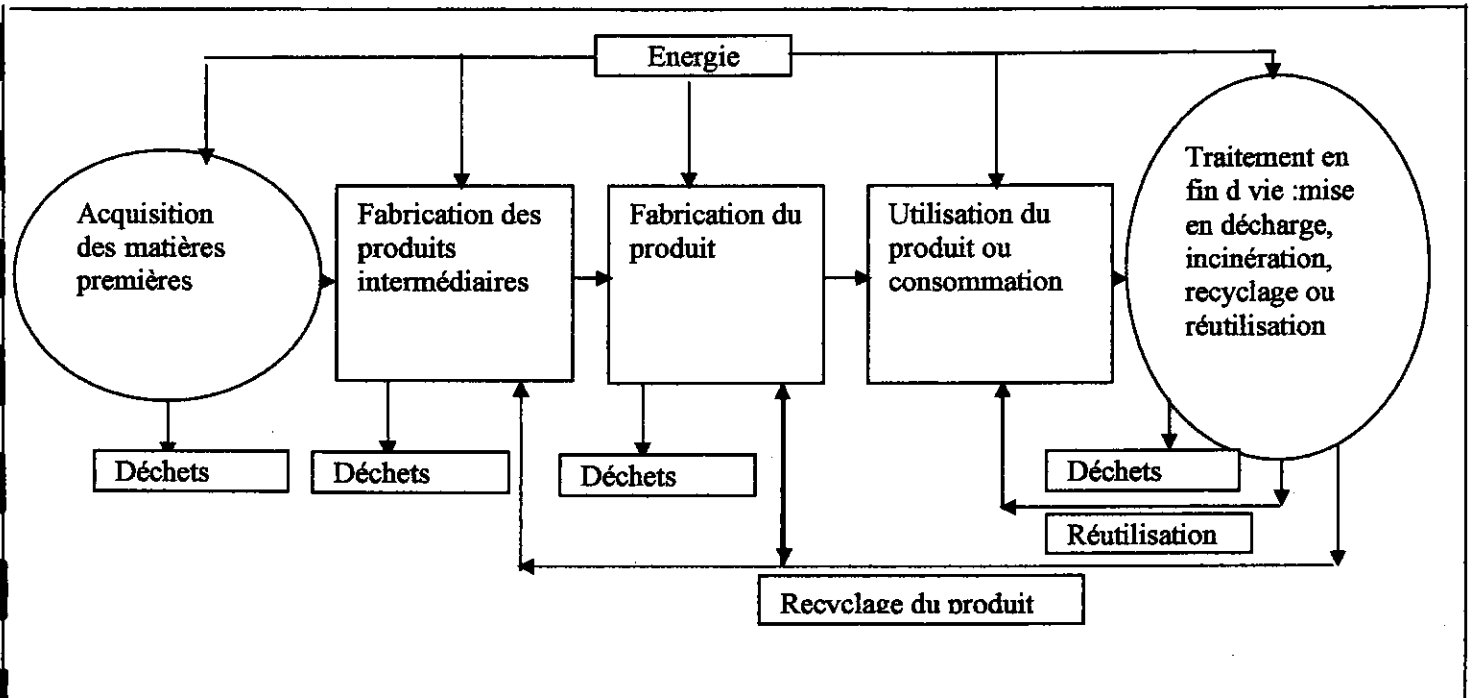
La définition du champ de l'étude d'une analyse du cycle de vie doit donc tenir compte des éléments suivants et les décrire clairement :

##### **a. Définition des frontières :[Bruce et william 98 ]**

Une fois que les objectifs et le buts de l'ACV sont identifiés , les frontières de l'étude doivent être fixées .Toutes les activités humaines qui font partie du cycle de vie du produit , du procédé ou de l'activité étudiée entrent dans les frontières de ce que l' on appelle << système étudié >> . Les limites du système étudié sont généralement représentées sur un diagramme des flux de matières appelé << arbre de procédés >> qui illustre toutes les étapes d' un produit depuis l'acquisition des matières premières jusqu'à le traitement de fin de vie , il illustre également l'utilisation d'énergie aussi bien que les flux entrants et sortants pour le transport de matière première d'une étape à la suivante .

Les systèmes étudiés par les ACV sont des systèmes complexes pour ce la ils sont décomposés en sous systèmes autonomes qui prennent en compte toutes les étapes de l'acquisition de matières premières à la fabrication de produit utilisable.

Afin de simplifier l' ACV certaines étapes de cycle de vie d'un système(produit) peuvent être exclues, mais une étape ne peut être exclue que si cette exclusion ne modifie pas les conclusions de l'étude .pour ce la une recherche préliminaire est faite pour appréhender la contribution potentiel de l'étape au système global.



**Figure 2.8 :** Diagramme des flux de matières pour l'analyse du cycle de vie d'un produit

#### b. Unité fonctionnelle et flux de référence :

Une fois les frontières du système étudié sont fixées, la ou les fonction(s) du produit (système) sera clairement définie car elle sert de base pour déterminer l'unité fonctionnelle. Cette dernière est la grandeur quantifiant la fonction du système. Elle offre une référence à laquelle tous les flux de l'inventaire seront rapportés. C'est une grandeur clairement définie en cohérence avec l'objectif et le champ de l'étude qui doit être mesurable. Pour une unité fonctionnelle donnée, on mesurera le flux de référence qui représente la quantité de produit nécessaire pour assurer la fonction. Ce flux de référence est utilisé pour calculer les entrants et les sortants du système et ses performances. Les comparaisons entre systèmes s'effectuent sur la base des flux de références pour une même fonction, quantifier par la même unité fonctionnelle [Guinée 02].

#### c. Exigences relatives à la qualité des données:

Les descriptions de la qualité des données sont importantes pour comprendre la fiabilité des résultats de l'étude et pour interpréter correctement ce qu'il en ressort. Des exigences en matière de qualité de données doivent être spécifiées afin de respecter les objectifs et le champ de l'étude. La règle est de définir la qualité des données par des caractéristiques spécifiques qui décrivent les aspects quantitatifs

ainsi que les méthodes utilisées pour collecter et intégrer ces données. Il est recommandé d'inclure des exigences relatives à la qualité des données pour les paramètres suivants [Guinée 02] :

- Les facteurs temporels : l'âge des données (exemple : datant des cinq dernières années) et la durée minimale (par exemple : une année) pour collecter les données.
- La géographie : zone géographique dans laquelle il convient de collecter les données pour les processus élémentaires afin de respecter l'objectif de l'étude (par exemple locale, régionale, nationale, continentale, globale) ;
- La technologie : combinaison des technologies (par exemple la moyenne pondérée du mélange réel des procédés, meilleure technologie disponible ou unité la plus défavorable).

Il faut également tenir compte d'autres descripteurs qui définissent la nature des données, données collectées dans des sites spécifiques par rapport aux données de sources publiées par exemple, et s'il convient de mesurer, calculer ou évaluer les données.

Dans toutes les études, les exigences supplémentaires suivantes relatives à la qualité des données doivent être considérées à un niveau de détail qui dépend de la définition de l'objectif et du champ de l'étude [EEA 97]:

- La précision : mesure de la variabilité des valeurs des données pour chaque catégorie des données exprimées (par exemple : variance);
- La complétude : pourcentage des sites communiquant des données primaires par rapport au nombre potentiel existant pour chaque catégorie de données dans un processus élémentaire;
- La représentativité : évaluation qualitative de la mesure dans laquelle l'ensemble des données reflète la population réelle présentant un intérêt (par exemple : géographie, durée et technologie) ;
- La cohérence : évaluation qualitative du degré d'uniformité de la méthodologie de l'étude appliquée aux diverses composantes de l'analyse;
- La reproductibilité : évaluation qualitative de la mesure dans laquelle les informations sur la méthodologie et les valeurs des données permettent à un réalisateur indépendant de reproduire les résultats consignés dans l'étude.



Lorsqu'une étude est utilisée à l'appui d'une affirmation comparative divulguée au public, toutes les exigences concernant la qualité des données mentionnées ci-dessus doivent être incluses dans l'étude.

### **B. Phase 2 : L'analyse de l'inventaire (ICV) :**

C'est la deuxième phase de l'analyse de cycle de vie, cette phase implique la collection des données et le calcul de procédures pour quantifier les entrées et les sorties pertinentes du système. L'analyse de l'inventaire est la phase la plus coûteuse et qui consomme plus du temps, son but est de réaliser un inventaire qualitatif et quantitatif de tous les processus impliqués dans le cycle de vie du système sous l'étude. Les résultats de l'inventaire sont représentés dans une table d'inventaire.

Une étude d'ICV comprend les étapes suivantes :

#### **B.1 Diagramme de flux :**

représente une description des principaux processus du système et leurs corrélations, il est très utile pour la compréhension du système

#### **B. 2 Collecte des données :**

Après avoir fixé les processus entrants dans le système, il est nécessaire en suite de quantifier les données relatives aux différents processus. La consommation en matière première et énergie, le mode d'affectation aux coproduits<sup>1</sup> et les rejets dans l'environnement (les entrants et les sortants) doivent être quantifiés pour chaque étape de système. Les données sont collectées soit directement à partir du système donc on parle des données **élémentaires**, soit à partir des BDD c'est des données **secondaires**.

La collecte de données d'inventaire doit être réalisée de manière à pouvoir modéliser aussi précisément que possible ce qui passe réellement au cours du cycle de vie du produit.

#### **B.3 La validation des données et l'identification de leurs qualités :**

C'est étapes de validation et structuration de données, qui s'intéresse à leurs qualités, leurs sources et les valeurs, et à la fin de les structurer d'une manière qui permettra le bon déroulement de la suite de la méthode, et parmi les formalismes les plus adoptés nous avons la table d'inventaire qui regroupe les différentes informations et résultats de LCI.

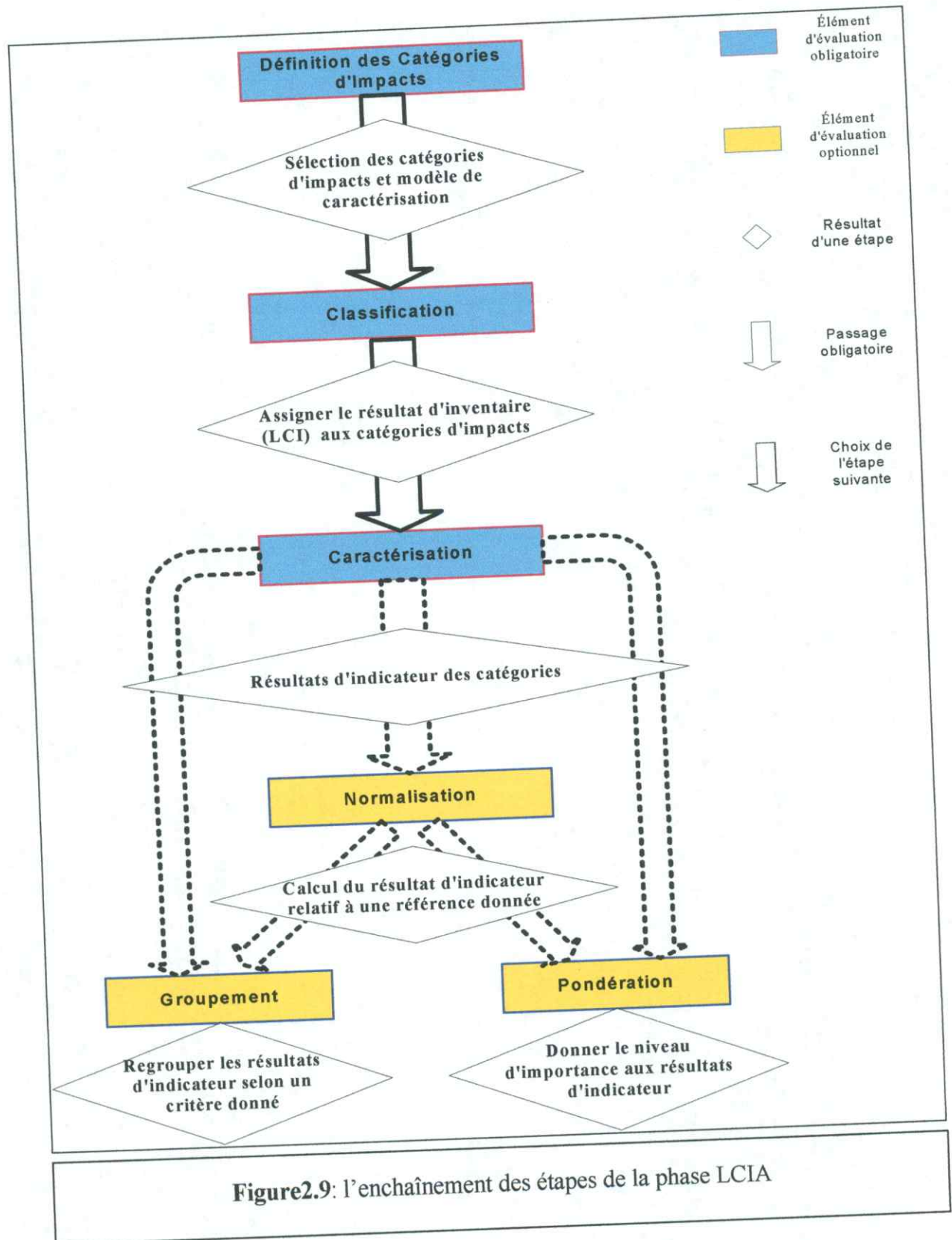
**C. Phase3:L'évaluation d'impacts environnementaux(LCIA : life cycle inventory assesement) :**

La démarche d'ACV s'efforce de rendre l'évaluation aussi objectif que possible en traduisant des flux quantifiable et mesurable. Cette étape à pour but de traduire les consommations et les rejets recensés lors de l'inventaire en impacts environnementaux (effet de serre, smog, acidification....etc.).

Cette évaluation peut mettre en œuvre un processus itératif de revue de l'objectif et du champs d'étude d'une ACV , elle fournit des informations pouvant être utilisées dans la phase d'interprétation.

L'évaluation d'impacts consiste en une séquence d'étape, certains d'entres elles sont obligatoires(la définition des catégories, classification et la caractérisation) alors que les autres sont facultatives(optionnels)

La figure suivante présente les différentes étapes de cette phase et leurs enchaînement :



### **C.1. La sélection de catégorie d'impact, catégorie d'indicateur et modèle de caractérisation :**

Dans la phase d'évaluation d'impact les résultats de l'inventaire sont traduits selon leur contribution aux catégories d'impact pertinentes. Ces catégories d'impacts sélectionnées doivent être cohérentes avec les objectifs et le champ d'étude fixés.

Les résultats de l'inventaire sont quantifiés en terme de catégories d'indicateurs communs pour cela des modèles de caractérisation sont utilisés.

les exigences et les recommandations de ISO relatives à la définition des catégories d'impacts :

□ Les exigences suivantes sont appliquées dans la sélection des impacts, des indicateurs de catégories et du modèle de caractérisation :

- La sélection des catégories des impacts, des indicateurs de catégorie, des modèles de caractérisation, doit être compatible avec l'objectif et le champ de l'étude.
- Les Sources des catégories des impacts, des indicateurs de catégories et des modèles de caractérisation, doivent être référencées.
- La sélection des catégories des impacts, des indicateurs de catégories, des modèles de caractérisation, doivent être justifiées.
- Des noms corrects et descriptifs devront être fournis pour les indicateurs de catégories et les catégories des impacts.
- La sélection des catégories des impacts reflétera un ensemble de problèmes environnementaux reliés au système de produit étant étudié, prenant en considération la première phase de l'étude (objectif et le champ de l'étude).
- Le mécanisme environnemental et le modèle de caractérisation, reliant les résultats de LCI aux indicateurs de catégories, forment une base pour les facteurs de caractérisation.

□ Les recommandations suivantes sont appliquées dans la sélection des impacts, des indicateurs de catégories et des modèles de caractérisation :

- Les catégories des impacts, les indicateurs de catégorie et les modèles de caractérisation devront être mondialement acceptés, basés sur un accord international ou approuvés par un corps international compétent.

- Les catégories des impacts devront contenir les émissions et les ressources utilisées par le système de produits par rapport à la catégorie des points finaux, à travers les indicateurs de catégories.
- Le nombre de valeurs et des hypothèses employées pendant la sélection des catégories des impacts, des indicateurs de catégories et des modèles de caractérisation, doit être minimisé.
- Le modèle de caractérisation pour chaque indicateur de catégorie doit être scientifiquement et techniquement valide, et basé sur un mécanisme environnemental distinct et identifiable ou une observation empirique et reproductible.

Ce n'est pas évident de donner une liste de catégorie d'impacts qui couvre d'un côté tous les problèmes environnementaux, et d'autre une indépendance entre ses éléments (les catégories) à cause de la complexité des impacts ; tous cela se fait sous la contrainte que ces catégories répondent aux objectifs de notre étude.

Pour toutes ces raisons ; cette partie de l'ACV fait l'objet de plusieurs recherches et qui ont abouti à des solutions très pratiques : la naissance des modèles d'évaluations: qui se résume par la définition des catégories d'impacts (sous les exigences et recommandations ISO ) par des groupes de recherche et d'attribuer à chaque catégorie et pour une substance donnée (fer, co2) un facteur de caractérisation ou de contribution de cette substance au sein de cette catégorie d'impact : le modèle de caractérisation, et parmi les modèles d'évaluations les plus utilisés on trouve : EPS2000, ECO-Indicateur99 et CML2000

### **C.2. La classification :**

C'est une étape qualitative basée sur une analyse scientifique de processus environnementaux pertinents. La classification a pour but d'assigner les données d'entrée et de sortie de l'inventaire aux impacts environnementaux potentiels.

Au cours de la classification les points suivant seront considérés[Guinée 02] :

- Assigner les résultats LCI qui sont exclusives à une catégorie d'impact;
- Identification de résultats LCI qui sont en rapport avec plus qu'une catégorie d'impact;
- Distinction entre mécanismes parallèles. par exemple SO<sub>2</sub>, est alloué entre les catégories d'impact de santé humaine et acidification;
- Allocation parmi mécanismes d'une série par exemple NO<sub>x</sub> peut être assignée au niveau de la formation de l'ozone et acidification.

On peut distinguer , pour une substance émise, plusieurs façon de contribuer à plusieurs impacts :

**-en parallèle** :l'émission peut potentiellement contribuer à plusieurs impacts

**exemple** : le dioxyde de soufre(SO<sub>2</sub>) ,contribue à l'acidification et à des effets toxiques par inhalation.

**-en série ,directement** : l'émission peut engendrer plusieurs effets, l'un après l'autre.

**exemple** : une même molécule de d'oxyde d'azote est susceptible de contribuer à la fois à l'acidification et à l' eutrophisation. Il en est de même pour les métaux lourds, qui peuvent avoir un impact écotoxique et des effets toxiques sur l'homme à travers la chaîne alimentaire.

**- en série, indirectement** :la substance contribue à un autre effet , à partir d'un effet causé précédemment.

**Exemple** :le méthane peut participer à la formation photochimique d'oxidants, l'ozone ainsi produit peut ensuite contribuer à l'effet de serre.

**-Émission avec les impacts combinés** : émission de substances qui ont une influence mutuelle sur un autre impact, par exemple impacts antagonistes de mélanges de la substance toxiques, ou NOx et VOC les deux qui sont exigés pour formation du photo – oxydent.

Pour éviter le double calcul, pour une émission ayant des impacts parallèles il est généralement recommandé dans la littérature la spécification laquelle des contributions respectives de telles émissions est adéquate à l'enfoncement des catégories d'impacts, cependant, aucunes directives ne sont disponibles sur manière que cette tâche sera exécutée. en général, telle spécification devrait être exécutée dans ces cas seulement où il importe vraiment (où la contribution des substances à une catégorie d'impact amoindrit substantiellement sa contribution potentielle par rapport à un autre, par exemple acidification ou eutrophisation par NH<sub>3</sub>).

Pour émissions qui ont des impacts séries et indirects la littérature généralement recommande d'allouer les telles émissions dans leur tout à fait à enfoncer des catégories d'impact à moins dans le manque de facteur de caractérisation pour ce but.

Pour émissions ayant des impacts combinés la littérature généralement recommande d'introduire des suppositions concernant la concentration provenance de les autres

substances pertinentes, dans la pratique actuellement il est faisable de dire que NOx est un comme un précurseur dans formation du photo – oxydent. [Guinée 02]  
Cet assignent des substances aux catégories d'impacts est prédéfinie dans les modèles d'évaluation , et si nous utilisons directement ces modèles , cette étape est par défaut.

### C.3. La caractérisation :

Dans le but de calcul des résultats d'indicateur des catégories d'impacts, les résultats de LCI qui sont assignés qualitativement aux catégories d'impacts sélectionner, sont quantifiés en terme d'unité commune pour chaque catégorie en utilisant des facteurs de caractérisation défini dans chaque modèle de caractérisation choisis.

Pour une catégorie d'impact donnée, le résultat d'indicateur représente le cumule des multiplication de chaque relevant d'inventaire de cette catégorie par son facteur de caractérisation correspondant.

Résultat d'indicateur de la catégorie i

$$I_i = \sum_{j=1}^{j=m} C_{ij} * X_j$$

Avec :

$I_i$  : le résultat d'indicateur pour la catégorie d'impact i ,

$X_j$  : la magnitude d'intervention j,

$C_{ij}$ : le facteur de la caractérisation pour intervention j dans la catégorie d'impact i ;

Ce résultat représente l'évaluation d'impact de l'intervention environnementale assignée qualitativement à la catégorie d'impact , et qualifiés en terme de l'unité commune pour cette catégorie .

m : le nombre de substance dans la catégorie d'impact i .

### C.4. La normalisation :

La normalisation est une étape optionnel qui permet de se rendre compte de l'importance des résultats d'indicateur. Elle consiste à ramener chaque évaluation des impacts à une valeur de référence, cette dernière peut être en rapport avec :

- Un grand groupe(les habitants d'un pays, ou un continent).
- Sur une période donnée.

Il convient alors d'exprimer les flux et/ou l'évaluation des impacts sur une même base temporelle et géographique.

Le résultat de cette étape est un résultat d'indicateur normalisé par une référence donnée R pour chaque catégorie d'impacts

$$I_{i,R}(\alpha) = \frac{I_i(\alpha)}{N_i} = \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij} * X_j}{\sum_{j=1}^m C_{ij} * X_j(R)}$$

$I_{i,R}(\alpha)$  : le résultat d'indicateur pour la catégorie d'impact i pour le système  $\alpha$  normalisé par la référence R .

$I_i(\alpha)$  : le résultat d'indicateur pour la catégorie d'impact i dans le système  $\alpha$ ,

$X_j(\alpha)$  : magnitude d'intervention J résultante du système ( $\alpha$ ) ;

$X_j(R)$  : magnitude d'intervention J dans le système de référence R.

$C_{i,j}$  : le facteur de la caractérisation pour intervention j dans la catégorie d'impact i;

$N_i$  : le résultat de l'indicateur pour la catégorie d'impact i par la référence de normalisation R;

#### C.4. Le groupement :

C'est une étape optionnelle d'évaluation d'impact dans laquelle les catégories d'impacts sont agrégées dans un ou plusieurs ensembles selon un des critères suivants :

- Les menaces écologiques potentiels ;
- Réversibilité et irréversibilité ;
- Global, régional, local ;
- Les préférences environnemental de la population ;
- Ressources, émissions ;

Cette étape est en rapport avec la définition des catégories d'impacts et cela par la définition

des catégories plus globales selon les besoins et les points de vues des praticiens.

#### C.5. La pondération :

C'est une étape optionnel dans l'évaluation d'impact dans laquelle les résultats d'indicateur de chaque catégorie d'impact sont assignés à des facteurs numériques selon leurs importance. Elle est basée sur le choix des valeurs (valeur monétaire, standard, expert panel ). [Karlson 02]



Avant l'exécution de la pondération, les résultats d'indicateur doivent être convertis dans la même unité, la normalisation est l'une des méthodes de cette conversion. Le résultat de cette étape est appelé <<Résultat de pondération>> qui est calculé par la formule suivante :

$$P_R(\alpha) = \sum_{i=1}^m W_i(R) * I_{i,R}(\alpha)$$

$P_R(\alpha)$  : le résultat de pondération du système  $\alpha$  pour une référence R

m : le nombre de catégories d'impacts

$W_i(R)$  : Le facteur de pondération de la catégorie d'impacts i pour une référence de normalisation R

$I_{i,R}(\alpha)$  : le résultat d'indicateur pour la catégorie d'impact i pour le système  $\alpha$  normalisé par la référence R.

#### **D.Phase4 :Interprétation :**

C'est la quatrième phase de l'ACV, elle a pour but d'analyser les résultats et d'expliquer les limites de l'analyse de l'inventaire et/ou de l'évaluation d'impacts afin de fournir les recommandations de manière la plus transparente possible. Elle met en avant les points forts et les points faibles d'un système et permet la connaissance des paramètres et des étapes sensibles. Ceci ouvre des perspectives en matière d'actions correctives et de diminution des impacts [Guinée 02].

L'interprétation s'articule en trois éléments :

- L'identification des issues environnementaux significatifs
- Evaluation
- Les conclusions et recommandation

#### **D.1 L'identification des issues significatifs :**

L'objectif de cette phase est de structurer les résultats à partir des phases de LCI et de LCIA afin de déterminer les éditions significatives, en conformité avec la définition de l'objectif et du champ de l'étude.

Le but de cette interaction est d'inclure les implications sur les résultats de l'étude, des méthodes utilisées, des hypothèses proposées, dans les phases précédentes, telles que les règles d'allocation, les décisions, la sélection des catégories des impacts, des indicateurs de catégorie et des modèles de caractérisation... etc.,

Les résultats des phases précédentes (LCI, LCIA) représentent une réponse aux exigences de la phase de l'objectif et du champ de l'étude. La signification de ces résultats est alors déterminée. Les éditions significatives peuvent être :

- Les catégories de l'inventaire des données, telles que l'énergie, les émissions, les déchets.....etc.
- Les catégories des impacts, comme les ressources utilisées.
- Les contributions essentielles à partir du cycle de vie aux résultats de LCI et LCIA, comme le transport et la production d'énergie... etc.

## **D.2. Evaluation :**

L'objectif de cette étape est d'établir la confiance en résultat de l'étude, basé sur les phase précédentes d'ACV et sur les issus significatifs identifier dans la première étape de l'interprétation. Les résultats doivent être présentés de manière claire et compréhensive.

L'évaluation doit être entrepris en conformité avec l'objectif et le champs d'étude.

L'interprétation faite à ce niveau est renforcé par les éléments suivants :

- 1. Contrôle de sensibilité :** Le contrôle de sensibilité implique une procédure systématique pour estimer les effets des variations des paramètres dans les résultats de l'étude relatives à son but. Il peut être réaliser en faisant un genre de scénario où la valeur des paramètres de différents entrées est changée systématiquement. Une façon plus adéquate de faire le contrôle de sensibilité est de changer les paramètres d'entrés en utilisant des simulations systématiques.
- 2. Contrôle de complétude :** il a pour but de vérifier la disponibilité et la complétude des information et des données nécessaire à l'interprétation.
- 3. Contrôle de consistance :** Son but est de déterminer si les supposition , méthodes, modèles et les données sont consistant avec l'objectif et le champs d'étude. Les exemples d'inconsistances suivants sont fournit par ISO :
  - ⇒ Différences dans les sources de données.
  - ⇒ Différences dans l'exactitude de données.
  - ⇒ Différences dans la couverture technologique.
  - ⇒ Différences d'age de données.
  - ⇒ Différences dans la couverture géographique.

### **D.3. Conclusions et recommandations :**

Dans cette étape d'interprétation les conclusion et les recommandations sont faites sur la base des informations collectées dans les phases antérieures d'ACV combinées avec les résultats des étapes antérieures d'interprétation.

En général les conclusions de chaque études doit comprendre les principales résultats de l'étude et la discussion de la validité et la précision de ces résultats, dans le cas d'ACV les points suivants sont inclus :

1. Identifier les issus significatives.
2. Evaluer l'utilisation de la méthodologie et les résultats de la complétude, de sensibilité et de consistance.
3. Faire apparaître toutes les conclusions et les visions consistant avec les exigences de l'objectif et le champ de l'étude, en incluant en particulier, les exigences de la qualité des données, les hypothèses et les valeurs prédéfinies.

### **IV.4 Exemple**

#### **Contexte de l'exemple**

Les emballages sont au cœur d'une société de consommation où ils remplissent des fonctions multiples : contenir, protéger, transporter, etc.... Logiquement ils constituent un maillon important de la politique nationale en matière d'environnement. Un des emballages utilisés pour le transport et la distribution des légumes est la caisse .

Il existe plusieurs type de caisse , des caisses fabriquées à partir de bois déroulé (appelées aussi cagettes), de carton ondulé (appelées aussi plateaux) ou de plastique. Outre leur composition, ces caisses différent par leur masse, leurs dimensions, leur filière amont, leur logistique (notamment leur réutilisation ) et leur fin de vie .

L' Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) a souhaité réaliser les Analyse u Cycle de vie de trois modèles d'une caisse pour fruits et légumes : à savoir la caisse pour pommes de dimension 600\*400 mm ; fabriqués à partir de bois déroulé, de carton et de plastique. A travers cette étude, l'ADEME souhaite identifier pour chaque emballage les principaux leviers d'amélioration en termes d'impacts sur l'environnement.

La réalisation de cette étude a été confiée par l'ADEME à la société Ecobilan, spécialisée dans les ACV [ADEME 00].

Pour simplifier l'exemple nous présenterons les grands passages de la méthode<sup>1</sup>

**Définition des objectifs et du champ de l'étude :**

1. Objectif de l'étude :

Comparer deux types différents d'emballage

- Emballage carton ondulé ; emballage de type A
- Emballage plastique ; emballage de type B

Voir le niveau d'impacts environnementaux résultant de chacun d'eux ;

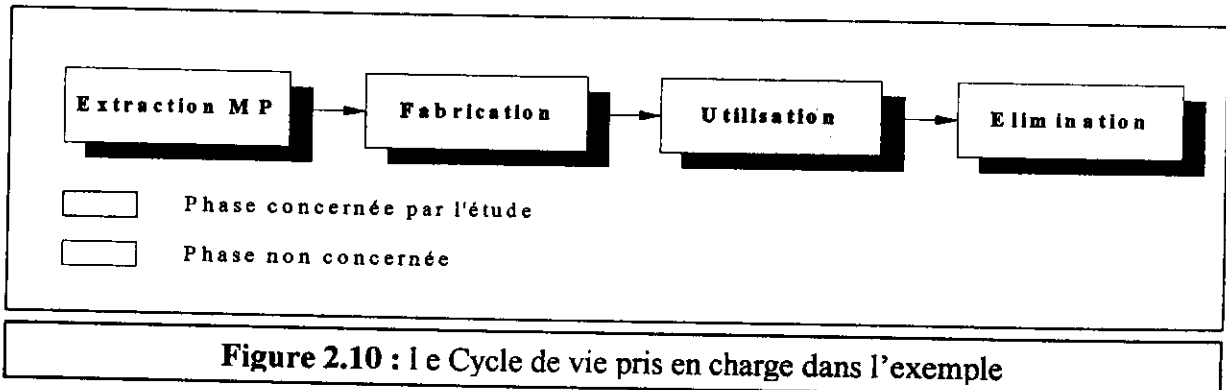
2. Définition du champ d'étude :

**frontière initiale du système**

- Notre étude ne prend pas en charge tous le cycle de vie d'un emballage, elle ignore :

La première phase du cycle de vie ; l'extraction et préparation de matières premières,

La dernière phase du cycle de vie ; l'élimination.



**Exigences relatives aux catégories de données :**

- Nos futures données seront collectées de l'Union Européenne (UE).
- Les données utilisées dans notre étude auront 3 ans comme age maximum.

**L'unité fonctionnelle :**

l'unité fonctionnelle est la suivante : emballer et permettre de transporter depuis le producteur jusqu'au distributeur final, de manière à mettre à la disposition des consommateurs 1000 Kg de pommes

**Analyse d'inventaire :**

**LCI global**

<sup>1</sup> L'exemple complet est disponible sur [www.ademe.fr/htdocs/actualite/dossier/pdf/acvs.pdf](http://www.ademe.fr/htdocs/actualite/dossier/pdf/acvs.pdf)

Le tableau suivant présente un bilan des substances émises dans l'eau et l'aire pour les deux types d'emballage .

Table 2.1 : Table d'inventaire global de l'exemple

4Substance	Résultat d'inventaire LCI					
	Emballage A			Emballage B		
	Unité : Kg			Unité : Kg		
	Emission dans l'air	Emission dans l'eau		Emission dans l'air	Emission dans l'eau	
dioxyde de Carbone	4.22E+04			4.81E+03		
HALON-1301	1.55E-03			4.30E-04		
Méthane	6.73E+03			6.75E+03		
HALON-1301	1.55E-03			4.30E-04		
Tetrachloride-Methane				4.90E-04		
dioxyde Sulfure	3.06E+02			1.83E+01		
Ammoniac	8.76E-02	5.44E-01		8.01E-03	1.23E-01	
Nitrogène dioxyde	1.11E+02			1.64E+01		
Ammoniac	8.76E-02	5.44E-01		8.01E-03	1.23E-01	
Dioxyde Nitrogène	1.11E+02			1.64E+01		
P		1.22E+00			5.41E-02	
N		4.05E-01			1.80E-01	
.....	.....	.....		.....	.....	.....

## Analyse d'impact

### Définition des catégories d'impacts :

Pour l'évaluation des impacts, nous travaillerons avec la liste définie par l'université de LEIDEN (CML) et pour des raisons de simplification de l'exemple, nous retenons le sous ensemble de catégories suivantes :

**Table 2.2** : Catégorie d'impact; indicateur de catégorie –exemple-

Catégorie d'impact	Indicateur de la catégorie (Unité de mesure)
Réchauffement global	Equivalent (CO <sub>2</sub> Kg)
Réduction de la couche d'ozone	Potentiel de réduction de l'ozone ( CFC11 Kg)
Acidification	Equivalent (H+ Kg)
Eutrophisation des lacs et cours d'eau	Equivalent Phosphate (PO <sub>4</sub> Kg)

**Classification** :Assignement des données d'inventaires aux catégories d'impacts.

**Table 2.3**: Classification de résultat LCI – exemple -

Catégorie d'impact	Indicateur ( Unité de mesure )	Substance
Réchauffement global	Equivalent (CO <sub>2</sub> Kg)	CO2 NO2 Méthane CHB Chlorofluorocarbones CFC's Hydro chlorofluorocarbones HCFC's Méthyle Bromide CH3Br
Réduction de la couche d'ozone	(CFC11 Kg)	Chlorofluorocarbones CFC's Hydro chlorofluorocarbones HCFC's Méthyle Bromide CH3Br
Acidification	Equivalent (H+ Kg)	Sulfure Oxydes Sox Nitrogène Oxyde Hydrochlorique Acide HCL Hydrofluorique Acide HF Ammoniac (NH <sub>4</sub> )
Eutrophisation des lacs et cours d'eau	Equivalent (PO <sub>4</sub> Kg)	Phosphate (PO <sub>4</sub> ) Nitrogène Oxyde (NO) Nitrogène Dioxyde (NO <sub>2</sub> ) Nitrates Ammoniac (NH <sub>4</sub> )

Remarque :  La même substance peut contribuer dans plusieurs catégories d'impact

**Caractérisation**

**Modèle de caractérisation : Table 2.4 : Modèle de caractérisation – exemple-**

Catégorie d'impact	Substance	Facteur de Caractérisation							
		Réchauffement Globale		Réduction de la couche d'ozone		Acidification		Eutrophisation	
		Emission dans l'air	Emission dans l'eau	Emission dans l'air	Emission dans l'eau	Emission dans l'air	Emission dans l'eau	Emission dans l'air	Emission dans l'eau
Réchauffement Globale (CO2 Kg)	dioxyde de Carbone HALON-1301 Méthane	1.00E+00 5.60E+03 2.10E+01							
Réduction de la couche d'ozone	HALON-1301 Tétrachlorure- Methane		1.20E+01 1.20E+00						
Acidification	dioxyde Sulfure Ammoniac Nitrogène dioxyde			1.00E+00 1.30E+00 4.10E-01					
Eutrophisation	Ammoniac dioxyde Nitrogène P N					3.30E-01 1.30E-01	3.50E-01	3.10E+00 4.20E-01	

Remarque : Dans la même catégorie d'impact, la même substance peut avoir plusieurs facteurs de caractérisation et cela à partir de sa nature ( substance dans l'air, dans l'eau)

**Calcul des résultats indicateurs des catégories :**

Pour chaque catégorie d'impact en calcule l'indicateur correspondant selon la formule suivante  $\Sigma\delta = \Sigma \alpha * \beta$

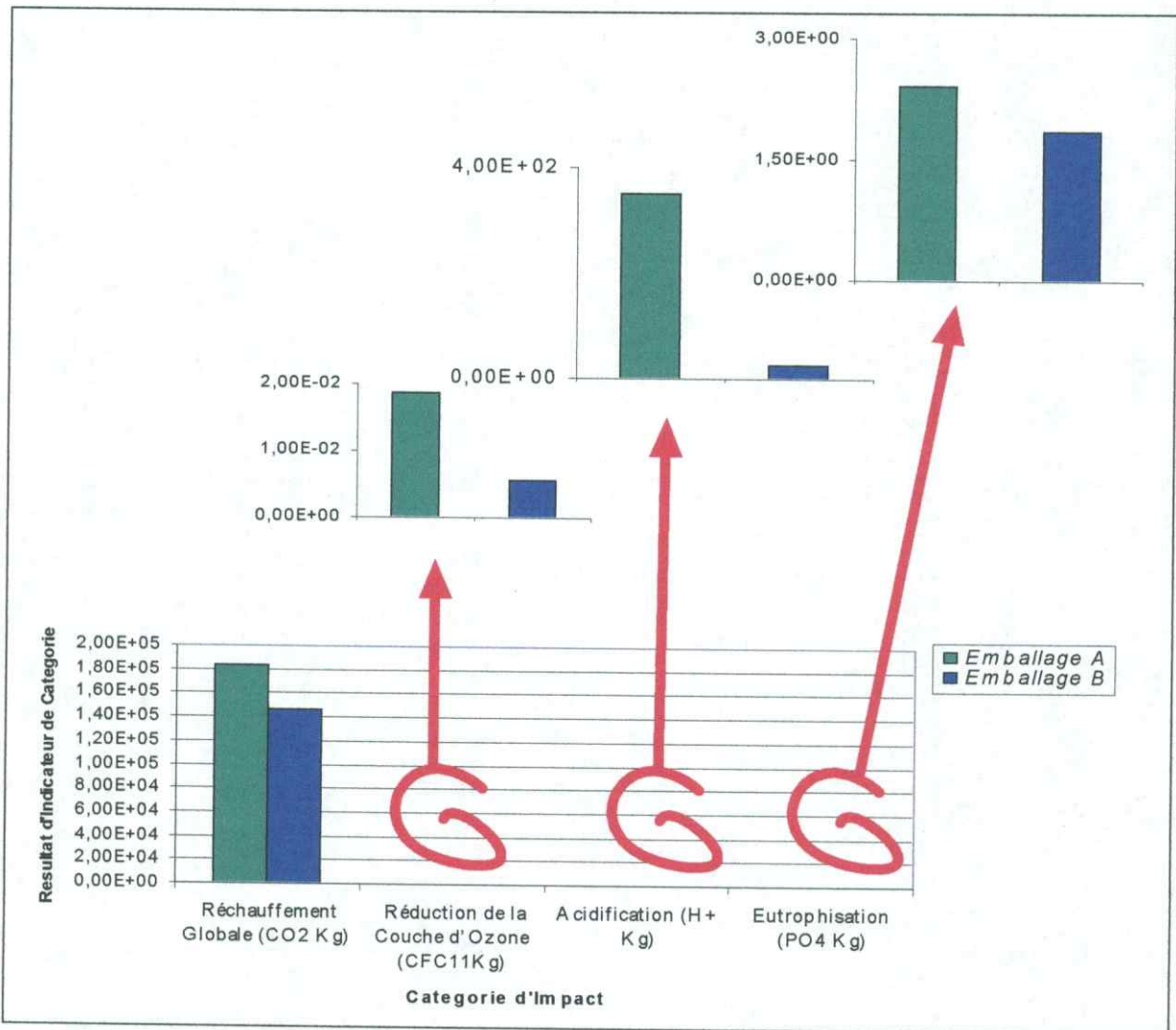
**Table 2.5 : Calcul des résultats indicateurs des catégories – exemple**

Catégorie d'Impact	Substance	Résultat d'Inventaire LCI ( $\alpha$ )		Facteur de caractérisation ( $\beta$ )		Résultat LCI converti $\delta = \alpha * \beta$		Résultat Indicateur de la catégorie $\Sigma\delta$
		Emission dans l'air	Emission dans l'eau	Emission dans l'air	Emission dans l'eau	Emission dans l'air	Emission dans l'eau	
Réchauffement Globale (CO2 Kg)	Dioxyde de carbone HALON-1301 Méthane	4.22E+04		1.00E+00		4.22E+04		1.84E+05
		1.55E-03		5.60E+03		8.66E+00		
		6.73E+03		2.10E+01		1.41E+05		
Réduction de la couche d'ozone	HALON-1301 Tetrachlori de-Méthane	1.55E-03		1.20E+01		1.86E-02		1.86E-02
		-		1.20E+00				
Acidification	dioxyde Sulfure Ammoniac dioxyde Nitrogène	3.06E+02		1.00E+00		3.06E+02		3.51E+02
		8.76E-02	5.44E-01	1.30E+00		1.14E-01		
		1.11E+02		4.10E-01		4.53E+01		
Eutrophisation	Ammoniac dioxyde Nitrogène P N	8.76E-02	5.44E-01	3.50E-01	3.30E-01	3.07E-02	1.79E-01	1.85E+01
		1.11E+02		1.30E-01		1.44E+01		
			1.22E+00 4.05E-01		3.10E+00 4.20E-01		3.79E+00 1.70E-01	



**Emballage B**

Catégorie d'Impact	Substance	Résultat d'Inventaire LCI ( $\alpha$ ) Emission dans l'air Emission dans l'eau	Facteur de caractérisation ( $\beta$ ) Emission dans l'air Emission dans l'eau	Résultat LCI converti $\delta = \alpha * \beta$ Emission dans l'air Emission dans l'eau	Résultat Indicateur de la catégorie $\Sigma \delta$
Réchauffement Globale (CO2 Kg)	dioxyde de Carbone HALON-1301 Méthane	4.81E+03	1.00E+00	4.81E+03	$\Sigma \delta$ 1.46E+05
		4.30E-04	5.60E+03	2.41E+00	
		6.75E+03	2.10E+01	1.42E+05	
Réduction de la couche d'ozone	HALON-1301 Tetrachloride-Methane	4.30E-04	1.20E+01	5.16E-03	5.75E-03
		4.90E-04	1.20E+00	5.88E-04	
Acidification	dioxyde Sulfure Ammoniac Nitrogène dioxyde	1.83E+01	1.00E+00	1.83E+01	2.50E+01
		8.01E-03	1.30E+00	1.04E-02	
		1.64E+01	4.10E-01	6.72E+00	
eutrophisation	Ammoniac dioxyde Nitrogène P N	8.01E-03	3.30E-01	2.80E-03	2.42E+00
		1.64E+01	1.30E-01	2.13E+00	
		5.41E-02	3.10E+00	1.68E-01	
		1.80E-01	4.20E-01	7.54E-02	



**Figure 2.11:** Représentation des résultats indicateurs des catégories d'Impact

**Normalisation :**

**Table 2.6 :** Calcul des résultats indicateurs normalisés – exemple-

<b>Emballage B</b>			
<b>Catégorie d'impact</b>	<b>Résultat d'Indicateur <math>\delta</math></b>	<b>Facteur de normalisation <math>\mu</math></b>	<b>Résultat d'Indicateur normalisé <math>\pi = \delta/\mu</math></b>
Réchauffement Globale	1.46E+05	2.27E+11	6.45E-07
Réduction de la couche d'ozone	5.75E-03	3.61E+06	1.59E-09
Acidification	2.50E+01	6.41E+08	3.91E-08
Eutrophisation	2.42E+00	1.08E+09	2.24E-09

Emballage A			
Catégorie d'impact	Résultat d'Indicateur $\delta$	Facteur de normalisation $\mu$	Résultat d'Indicateur normalisé $\pi = \delta/\mu$
Réchauffement Globale	1.84E+05	2.27E+11	8.08E-07
Réduction de la couche d'ozone	1.86E-02	3.61E+06	5.14E-09
Acidification	3.51E+02	6.41E+08	5.48E-07
Eutrophisation	1.85E+01	1.08E+09	1.72E-08

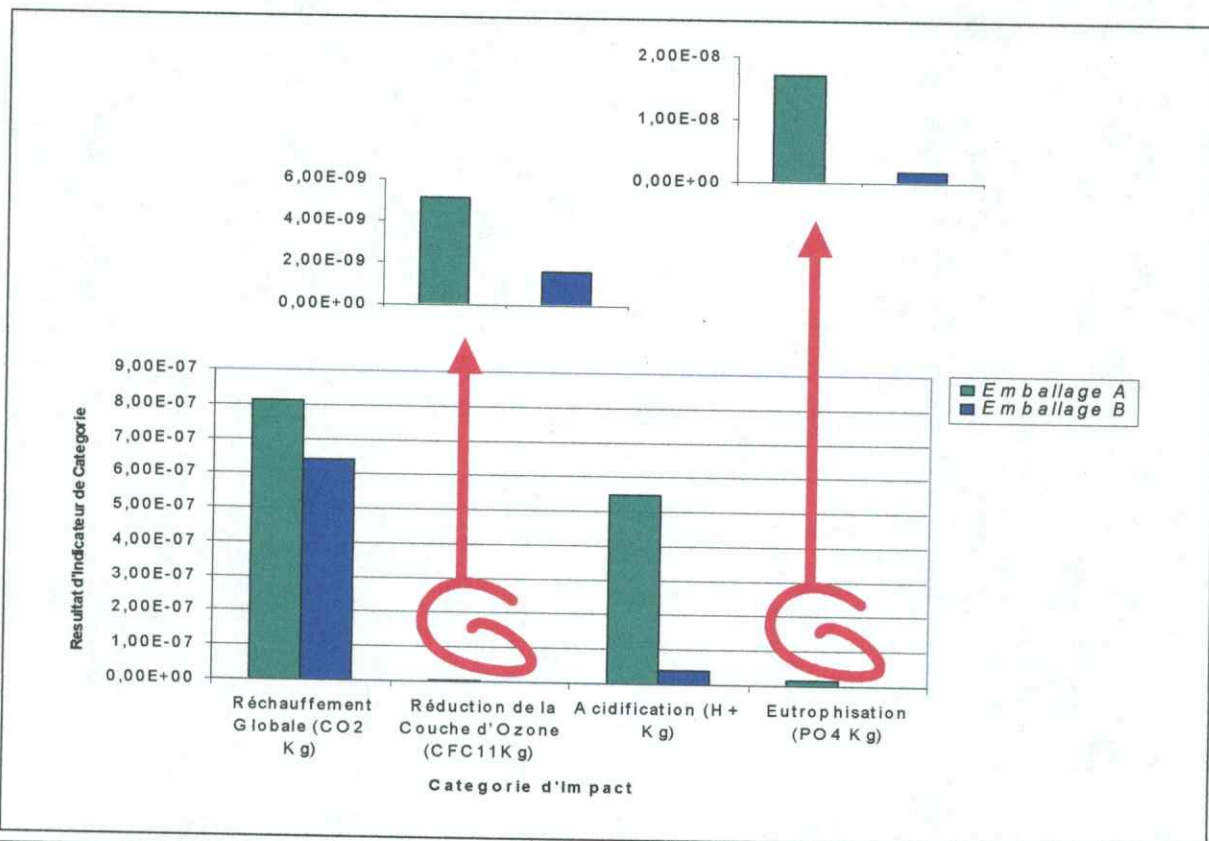


Figure 2.12 : Représentation des résultats indicateurs des catégories d'impact normalisés

**Pondération :**

Table 2.7 : Calcul des résultats de pondération – exemple -

Emballage A			
Catégorie d'impact	Résultat d'Indicateur Normalisé	Facteur de pondération	Résultat de la multiplication
Réchauffement Globale	8,08E-07	1	8,08E-07

Réduction de la couche d'ozone	5,14E-09	6	3,084E-08
Acidification	5,48E-07	1	5,48E-07
Eutrophisation	1,72E-08	2	3,44E-08
Résultat de pondération			1,42E-06

<b>Emballage B</b>			
Catégorie d'impact	Résultat d'Indicateur Normalisé	Facteur de pondération	Résultat de la multiplication
Réchauffement Globale	6,45E-07	1	6,45E-07
Réduction de la couche d'ozone	1,59E-09	6	9,54E-09
Acidification	3,91E-08	1	3,91E-08
Eutrophisation	2,24E-09	2	4,48E-09
Résultat de pondération			6,98 E-07

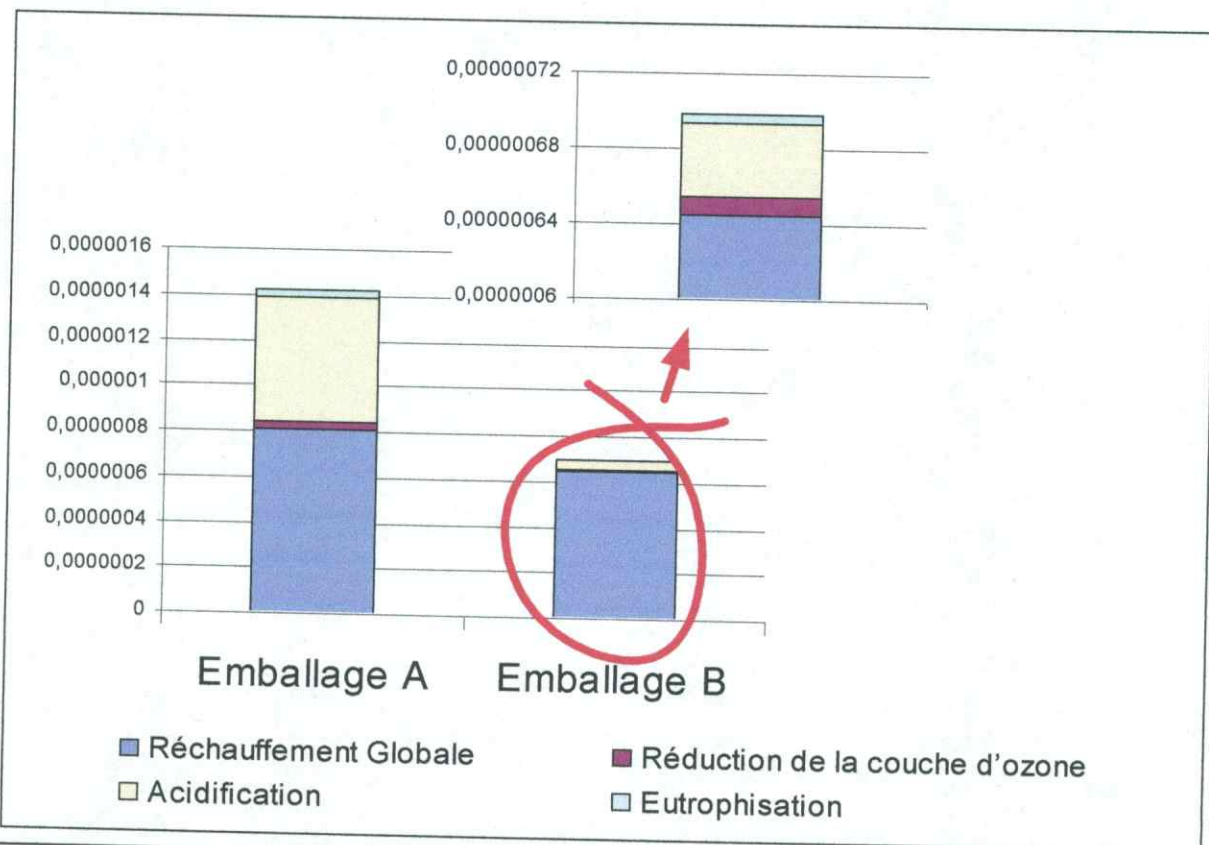


Figure 2.13 : Représentation des résultats de la pondération

### VI.5. Avantages et limites d'ACV :

Comme un avantage, l'ACV est une méthode très utilisée pour aider les consommateurs à déterminer le meilleur produit ayant moins d'impacts environnementaux et cela durant toutes les phases du cycle de vie

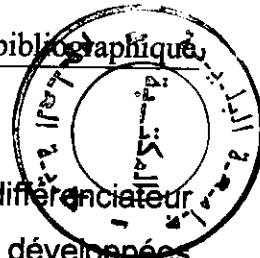
- L'usage de l'ACV mène à l'augmentation de l'efficacité dans l'innovation et à la baisse des coûts d'un produit.
- L'ACV donne aux entreprises un avantage compétitif dont le gain des parts de marché et aide à influencer la commercialisation et la standardisation de leur produit et en offrant le meilleur produit écologique aux consommateurs.
- Comme autre avantage d'ACV qui représente un assistant aux consommateurs et les entreprises pour comprendre les différents impacts environnementaux d'un produit donné.
- Et Avec son efficacité, nous pouvons facilement détecter les problèmes environnementaux dans le but de l'amélioration des produits. et cela avec l'utilisation de meilleurs processus pour les générer .

Comme l'ACV a des avantages et de bénéfiques pour le consommateur et entreprises, de l'autre coté l'ACV possède des limites qui sont :

- D'un point de vue objectif et malgré toutes les possibilités d'amélioration écologique d'un produit qui offre une étude ACV, elle reste une méthode jeune très récente, qui nécessite des efforts d'enrichissement ;
- L'ACV est une méthode qui se base sur la **modélisation linéaire** qui est presque impossible pour la présentation des processus économiques et environnementaux à cause de leur complexité, cette limitation est parmi les plus importantes préoccupations des chercheurs développeurs d'ACV.
- L'aspect temps ; L'ACV et à cause de son mode itératif demande de temps considérable : pendant le début de l'étude (description des objectifs) et la fin de la 1<sup>ère</sup> itération ; beaucoup de changements peuvent apparaître (sur le volet technologique, technique... etc.) que l'ACV les ignore en conséquence la qualité des résultats finaux est mise en cause, d'où la nécessité de l'automatisation d'une telle méthode.

Beaucoup d'effort se fait actuellement pour faire de l'ACV une méthode dynamique et comme exemple de solutions provisoires à ce problème l'ACV simplifiée connue sous l'appellation Evaluation de la Qualité Ecologique des Produits (ESQCV) ;

- L'aspect environnemental pas plus ; l'ACV se concentre sur l'aspect environnemental et ignore complètement les autres aspects ; économiques, sociaux.
- Une autre limitation d'une grande importance qui a apparue avec la mise en place et la réalisation des études ACV, celle relative aux données : plusieurs bases de données sont développées à travers le monde et malgré les slogans de leur standardisation, mais dans la pratique ce n'est pas le cas, car des problèmes sur les données utilisées qui sont d'une source non identifiée, d'une qualité inconnue, et souvent incomparables entre elles, qui diminuent par conséquent la fiabilité de résultats d'évaluation des impacts environnementaux.



## V. Les méthodes d'évaluation des impacts :

L'évaluation des impacts constitue actuellement le véritable aspect différenciateur des grandes méthodes ACV (Analyse de Cycle de Vie). Les méthodes développées pour l'évaluation de l'impact peuvent être réparties en trois groupes :

1 Méthodes ayant trait aux émissions pondérées dans les milieux de l'environnement, par exemple la méthode des volumes critique ;

qui a été développée à la demande du Buwal (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage Suisse) en 1984 pour analyser les écoprofiles des matériaux d'emballage (acier, aluminium, plastiques, papiers, cartons et verres). Habersatter a élargi les critères en prenant en compte la consommation d'énergie et les déchets.

Cette méthode inclut la classification, la caractérisation et la pondération.

2 Méthodes se rapportant aux catégories d'impact ou méthodes des thèmes environnementaux, par exemple EPS (Environment Priority Strategy), CML, Eco-Indicateur.

- **La méthode CML2000** : La méthode CML2000 est une mise à jour de la méthode CML 1992 qui est publiée en 1992 par le centre de recherche en science environnementale hollandais.

Cette nouvelle version élabore l'approche de problème - orienté **Addition par milieux** : (développée par le Midwest Research dans les 1970 qui se repose sur l'agrégation par sous-groupe environnemental, la quantité de toutes les émissions dans l'air, puis les émissions dans sol... qui a comme principe de donner la même importance à tous les rejets dans un milieu).

Le Guide CML fournit une liste de catégories d'impacts pour l'estimation qui sont groupée dans :

- ❖ des catégories d'impact obligatoires (les indicateurs de la Catégorie sont utilisés dans toutes les phases de l'ACV)
- ❖ des catégories d'impact supplémentaires (les indicateurs opérationnels existent, mais souvent ne sont pas inclus dans l'études de l'ACV)
- ❖ des autres catégories d'impact (aucuns indicateurs opérationnels n'est disponible, par conséquent il est impossible de les inclure quantitativement dans une étude ACV)

- **La méthode Eco-indicateur** : La méthode Eco-indicateur a été élaborée pour NOH à la demande des industriels Philips, NedCar, Shruurink et Océ. Le travail a été piloté par Pré-consultants en collaboration avec le CML, IDES (université d'Amsterdam), le centre for energy conservatio and environmental technology et Patrick Hofstetter de l'université de Zurich (ETH Ecole Polytechnique de Zurich). Le principal objectif de ces industriels était l'élaboration d'une méthode fournissant un cadre d'évaluation des impacts adapté à l'échelle européenne.

La procédure adoptée dans cette méthode est la suivante :

- ❖ Déterminer la contribution du système aux différentes catégories d'impacts (classification, caractérisation) ;
  - ❖ Déterminer la contribution du système à l'impact global au niveau de l'Europe (normalisation). L'avantage de l'étape de normalisation est de rendre les valeurs des contributions du système aux différents impacts sans dimension, et par conséquent de faciliter leur comparaison ;
  - ❖ Les résultats obtenus après la normalisation sont multipliés par un facteur de réduction (correspondant au rapport du niveau actuel et de l'objectif ciblé, il traduit l'importance de l'impact), et en suite un facteur de pondération subjectif.
- **Méthode EPS** : Cette méthode a été développée en Suède. Elle vise à donner une valeur différente aux divers types de dommage en faisant appel à la notion de "willingness to pay" (= volonté de payer) pour éviter un dommage. La valeur des dommages est ainsi basée sur la "volonté de payer" pour les éviter.

- 3 Méthodes se limitant à un indice de l'inventaire tels que le MIPS (material intensity per service) ou à indice écologique (écopoints).

La méthode des écopoints a été développée à la demande du Buwal pour optimiser les choix d'emballage sur le plan écologique, compte tenu des contraintes légales. La méthode agrège tous les flux répertoriés dans l'inventaire par le biais d'un indice unique, appelé écopoint. Il s'agit d'une approche directe, c'est-à-dire qu'elle ne contient pas d'étape de classification.

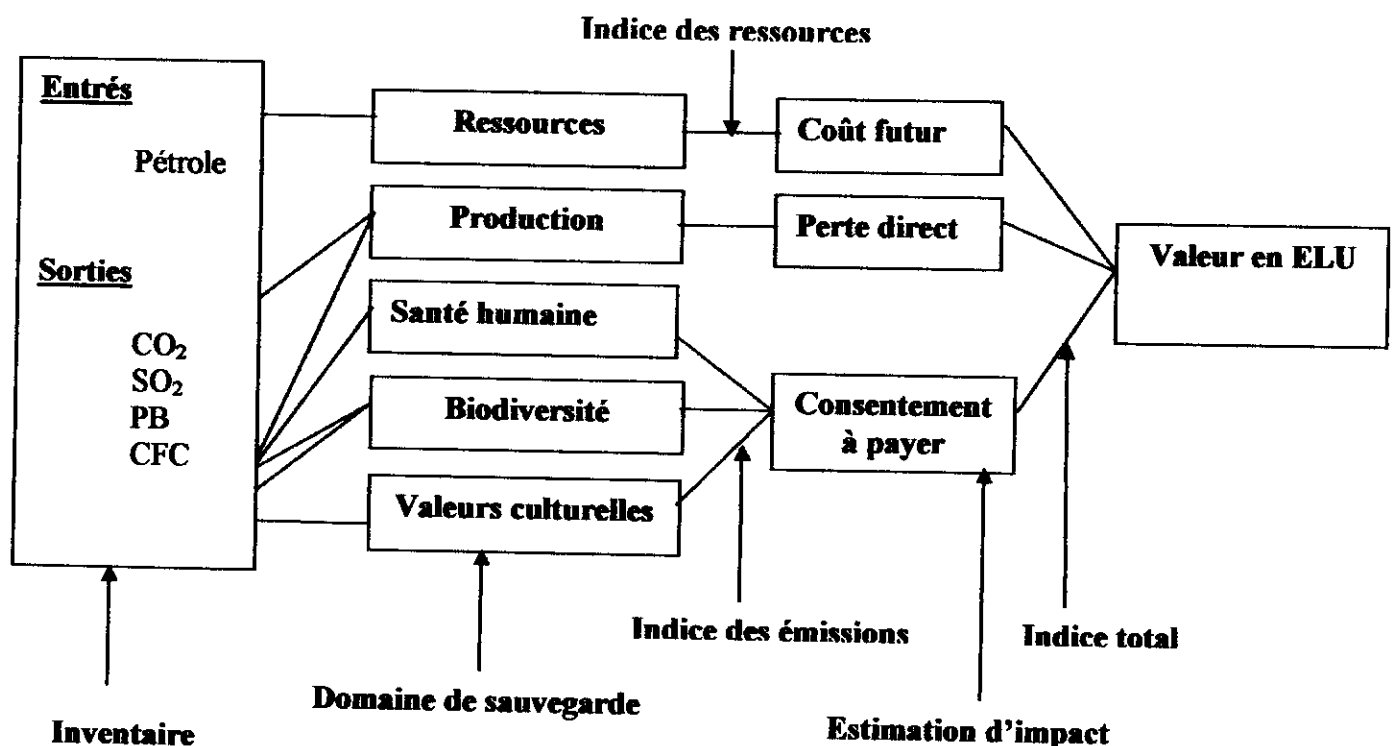


Cette méthode fait partie des méthodes socio-politiques et a une forte influence politique dans la détermination des écofacteurs à cause de sa référence aux objectifs fixés pour les émissions.

Nous retiendrons comme méthode d'évaluation la méthode EPS. Ainsi, la section suivante présentera la méthode et on l'illustrera à travers un exemple.

### V.1. Méthode EPS :

La méthode EPS (Environment Priority Strategy) fait partie des méthodes à thèmes environnementaux qui intègrent une dimension monétaire (Willingness To Pay WTP, la bonne volonté de payer) . Par exemple , l' évaluation des impacts sur la santé humaine est basé sur le prix qu'une entreprise est prête à payer pour soigner les gens . Cette méthode a été développée par Ryding du Swidish Environmental Research Institute (IVL) pour la société VOLVO. [Steen.B]



La méthode EPS (version 2000) répond au standard ISO. L'évaluation d'impact dans la méthode EPS suit les étapes suivantes :

#### 1) Sélection des catégories d'impacts et l'indicateur de catégories :

Les critères d'identification et de sélection des catégories des impacts et d'indicateurs de catégories sont les suivants :

- Les catégories des impacts doivent couvrir complètement tout les types d'effets environnementaux considérables dû aux activités humaine , sans se chevaucher .
- Les catégories des impact autoriseront une caractérisation quantitative d'émissions et d'autre activités humaines en termes des indicateurs de catégories.
- Les catégories des impacts, des indicateurs de catégories doivent autoriser la pondération des indicateurs à travers les catégories.
- Les indicateurs de catégories et les catégories des impacts seront communs à tout les types d'environnements . un changement d' une région de la terre de foret à agriculture devrait être possible d'évaluer .
- Les catégories des impacts et les indicateurs de catégories doivent être compréhensive pour les laïques.

Les catégories des impacts sont identifiées à partir de cinq domaines de sauvegardes (safe guard subjects ) :

- **Santé humaine(human health)** :La notion de santé humaine dans l'approche EPS est basé sur la définition de l'Organisation Mondial de la Santé (OMS) qui correspond à un état de bien-être complet sur les plans physique , social et psychologique et non pas seulement à l'absence de maladies et de fragilité.

Le tableau suivant montre les catégories d'impacts de santé humaine .

**Tableau2.8** les catégories d'impactes et indicateurs de catégories de santé humaine.

Nom de catégorie d'impact	Nom d'indicateur de catégorie	Unité d'indicateur
Excès de mortalité	Years Of Lost Life YOLL	Homme-an
Morbidité sévère	Morbidité sévère	Homme-an
Autres morbidités	Morbidité	Homme-an
Nuisance sévère	Nuisance sévère	Homme-an
Nuisance	Nuisance	Homme-an

- **Capacité de production d'écosystème : (production)** La production se réfère principalement à la production biologique , mais peut aussi inclure l'alimentation eaux douces ainsi que l'approvisionnement de certains formes d'énergies exploitables . La valeur de la production est souvent étudié à des fins économique et le consentement à payer pour éviter une diminution de la production est supposé être égale à la perte de valeur de production . Ce principe s'applique quand l'augmentation ou la diminution de la production se fait par rapport à un état de référence qui est sa taille actuelle . L'indicateur choisi pour ces catégories d'impact est une capacité de la production diminuée de 1 kg

Le tableau suivant montre les catégories d'impacts et les indicateurs de catégories de la capacité de production d'écosystème .

Tableau2.9: les catégories d'impacts et indicateurs de catégories de production

Nom de catégorie d'impact	Nom d'indicateur de catégorie	Unité d'indicateur
Capacité de la production de récolte	Capacité de production de récolte (CROP)	Kg
Capacité de la production de bois	Capacité de production de bois (wood)	Kg
Capacité de production de poisson et viande	Capacité de production de poisson & viande	Kg
Base cat_ion capacity	Base cat_ion capacity	H <sup>+</sup> équivalent
Capacité de production de l'eau (irrigation)	Capacité de production de l'eau d'irrigation	Kg
Capacité de production de l'eau (buvable)	Capacité de production de l'eau buvable	Kg

- **Ressource de stock abiotique :** ( dans les version anciennes ressources naturelles ou ressources) le terme ressource englobe les hydrocarbures fossiles , les sols fertiles , les bâtiments, etc. Une ressource peut être définie

comme la présence physique probable ou identifiée de minerais ou d'hydrocarbures dans le sols ; dans l'approche EPS la notion de soutenabilité est associée à celle d'épuisement des ressources . L'évaluation monétaire de l'épuisement des ressources naturelles est basée sur le coût future de l'extraction des matières premières.

Le tableau suivant montre les catégories d'impacts et les indicateurs de catégories de ressources de stock abiotique.

**Tableau2.10:** les catégories d'impacts et indicateurs de catégories de ressources de stock abiotique

Nom de catégorie d'impact	Nom d'indicateur de catégorie	Unité d'indicateur
Epuisement des réserves de l'élément (exp :Cu)	Les réserves de 'nom de l'élément'(réserves de Cu)	Kg d'élément (Kg Cu)
Epuisement des réserves de fossile (gaz naturel)	Les réserves de gaz naturel	Kg
Epuisement des réserves de fossile (pétrole)	Les réserves de pétrole	Kg
Epuisement des réserves de fossile (charbon)	Les réserves de charbon	Kg
Epuisement des réserves minérale	Les réserves de 'nom de minérale'	Kg

- **Biodiversité** :Ryding et ses collaborateurs considèrent que la biodiversité est un terme qui se réfère essentiellement à la variation génétique . La mesure la plus commune est le nombre d'espèces , mais la biodiversité est aussi la variation génétique à l'intérieur d'une population d'espèces qui est importante pour la survie des espèces. Le capitale génétique a une forte valeur si l'espèce fait partie d'un niveau hiérarchique d'ordre élevé , par exemple la dernière espèce d'une famille. Néanmoins , la manière la plus fréquente pour décrire les impacts sur la biodiversité se fait simplement à travers l'extinction observée des espèces.

Tableau 2.11: les catégories d'impacts et indicateurs de catégories de biodiversité

Nom de catégorie d'impact	Nom d'indicateur de catégorie	Unité d'indicateur
L'extinction des espèces	L'extinction des espèces normalisée (NEX)	

- **Les valeurs culturelle et destinées aux loisirs :** (dans les versions anciennes valeur esthétique) Les changements dans les valeurs culturelles et destinées aux loisirs sont difficiles à décrire par les indicateurs généraux, comme ils sont très spécifiques et qualitatifs dans nature. Les indicateurs sont définis par conséquent quand a eu besoin.

**2) Classification :** Dans la méthode EPS le principe major utilisé est d'assigner une émission ou ressource à une catégorie d'impact quand des effets réels se sont produits ou possible de se produire dans l'environnement (le principe de causalité). Donc l'assignement des émissions ou ressource à une catégorie d'impact veut dire la reconnaissance qu'il y a un mécanisme par qui les émissions ou activités humaine sont connectées aux catégories des impacts .

**3) Caractérisation :** La caractérisation dans une estimation d'impact du cycle de vie (LCIA) vise à convertir et agréger les résultats de l'inventaire aux résultats de l'indicateur de catégorie. Pour ceci c'est nécessaire de trouver des relations quantitatives entre les paramètres de l'inventaire et indicateurs de la catégorie de l'impact.

Dans la méthode EPS la dimension des impacts dépend souvent de plusieurs chemins. Les facteurs de caractérisation sont souvent par conséquent une somme de plusieurs facteurs de caractérisation de chemin - spécifique (pathway-specific characterisation factors ) et chacun de ceux-ci est modelé séparément.

Il y a en principe trois types de modèles déterminant les facteurs du caractérisation de chemin - spécifiques. Le premier type de méthodes est appelé " empirique, le deuxième ' méthodes d'équivalent ' et le troisième " mécaniste.

**4) Pondération :** Dans la méthode EPS la pondération est réalisée à travers l'évaluation, les facteurs de pondération représentent le Willingness To pay pour éviter les dangers. La référence environnemental est souvent la situation environnemental présente.

Remarque : Les éléments clé dans la méthode EPS sont les indices qui représentent la combinaison entre les facteurs de caractérisation et les facteurs de pondération.

L'indice associé à chaque substance est multiplié par la quantité émise et une valeur de charge environnemental (ELU: Environmental Load Unit) peut ainsi être calculé pour un produit ou un procédé :

$$\text{Indice environnemental} * \text{Quantité} = \text{Valeur de charge environnemental}$$

### V.3. Exemple :

#### V.3.1. Introduction :

Le but de cette étude est de comparer les effets environnementaux des vers d'un transistor de silicium et un transistor d'arséniure de gallium. L'analyse de cycle de vie est la méthode adoptée pour estimer les impacts environnementaux des deux types de transistor. Afin d'évaluer cette influence environnemental, un système d'évaluation doit être utiliser. Un tel système développé en Suède est l'EPS (Environmental Priority Strategies in product design). Dans ce système l'indice associé à chaque substance est multiplié par la quantité émise et une valeur de charge environnemental (ELU: Environmental Load Unit) peut ainsi être calculé pour un produit ou un procédé :

$$\text{Indice environnemental} * \text{Quantité} = \text{Valeur de charge environnemental}$$

#### V.3.2. L'objectif et le champs d'étude :

##### a) L'objectif de l'étude :

L'objectif de l'étude est de comparer les effets environnementaux des deux types de transistor :

- Transistor de silicium.
- Transistor d'arséniure de gallium.

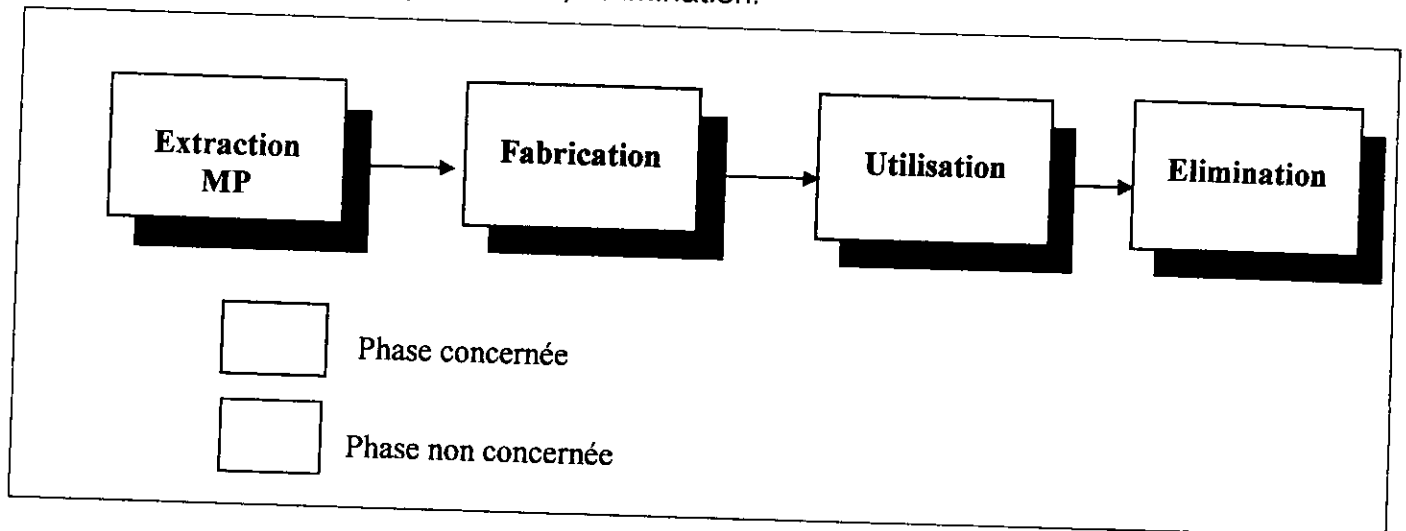
**b) Définition du champs d'étude :**

**frontière initiale du système**

- Notre étude ne prend pas en charge tous le cycle de vie d'un transistor, elle ignore :

La première phase du cycle de vie ; l'extraction et préparation de matières première

La dernière phase du cycle de vie ; l'élimination.



**Figure2.14:** Le cycle de vie pris en charge dans l'exemple

**L'unité fonctionnelle :**

L'unité fonctionnelle (FU) est choisie pour être une gaufrette fabriquée en Silicium ou d'arséniure de gallium, et supposée qu'elle contient 1000 transistors discrets.

**Analyse d'impacts environnementaux :** Les tableaux suivants montrent les différents substances concernant les phases de fabrication et d'utilisation :

**V.3.3. Transistors de Silicium :**

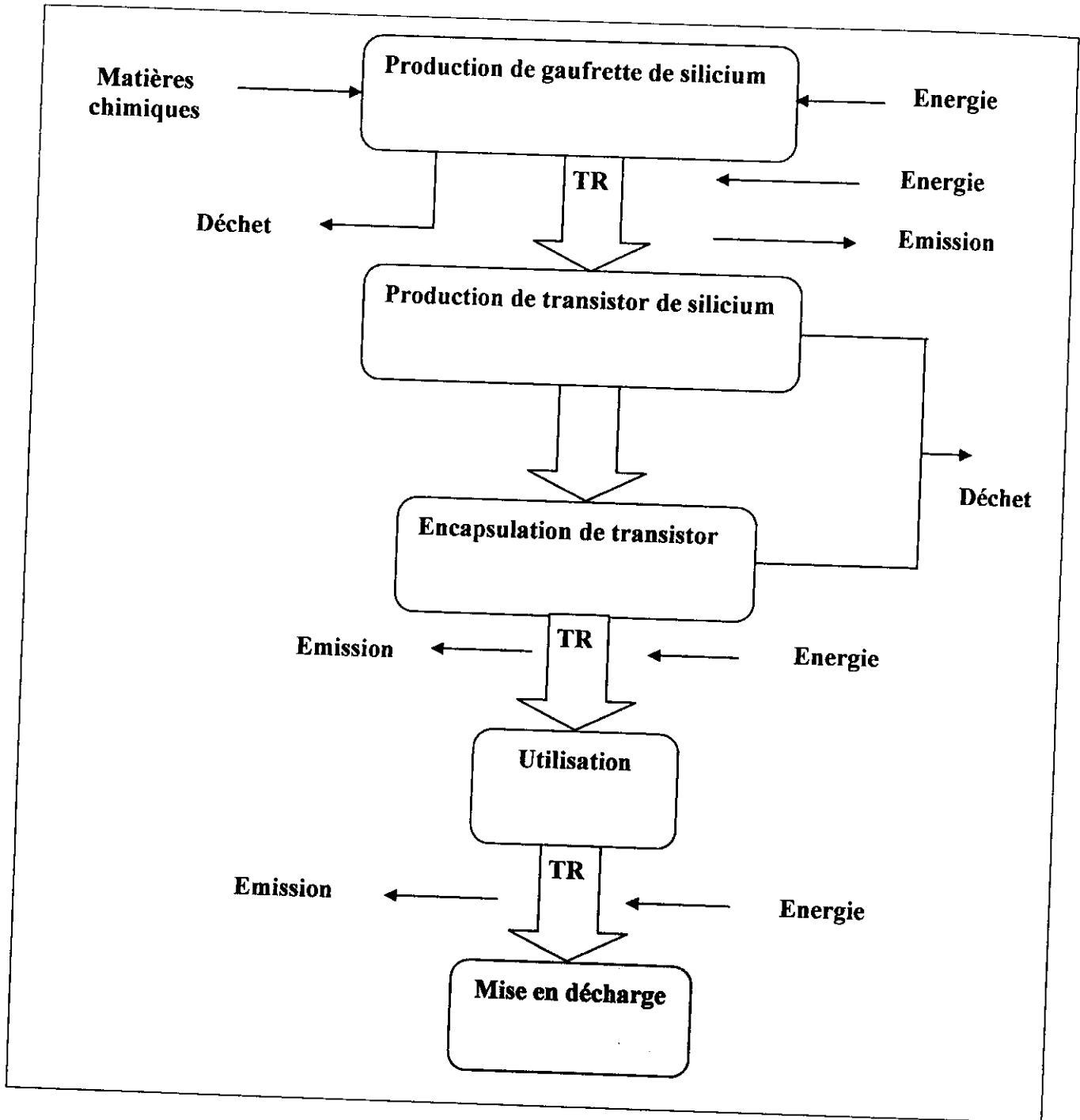


Figure 2.15 : Le cycle de vie de transistor de silicium

**1) La production de gaufrette de Silicium :**

La table suivante contient des données concernant des produits chimiques et des montants utilisés dans la fabrication de 1 Kilogramme de gaufrette de silicium ainsi que les index environnementaux (ELI) et la charge environnementale (quantité \* ELI = unité de charge environnementale).



Tableau 2.12 : Substances utilisées dans la production de gaufrette

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Sable de quartz, SiO <sub>2</sub>	2.14 kg	0.05 ELU/ kg	0.1 ELU
Carbone, C	0.86 kg	0.224 ELU/ kg	0.1926 ELU
Gaz de chlorure, Cl <sub>2</sub>	0.5 kg	0.12 ELU/ kg	0.06 ELU
Zinc, Zi	0.5 kg	3.52 ELU/ kg	1.76 ELU
CO <sub>2</sub> , émission	1.35 kg	0.089 ELU/ kg	0.12 ELU
D'autres produits chimiques	2.5 kg	0.5 ELU/ kg	1.25 ELU
Consommation d'énergie	100 KWHS	0.0659 ELU/ KWH	6.59 ELU
Total			10.073 d'ELU/ gaufrette

## 2) Production de transistor :

Tableau 2.13: Les gaz concernant la production de transistor

Les gaz :

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Azote, N <sub>2</sub>	67.3 kg / gaufrette	0.025 ELU/ kg	1.68 d'ELU/Gaufrette
L'Argon, Ar	881 g /gaufrette	0.05 ELU/ Kg	0.0440 d'ELU/Gaufrette
L'Oxygène, O	635 g /gaufrette	0.05 ELU/ Kg	0.0318 d'ELU/ Gaufrette
Hydrogène, H <sub>2</sub>	140 g /gaufrette	0.05 ELU/ Kg	0.007 d'ELU/ Gaufrette
Chlorhydrogen, HCl	16.1g /gaufrette	0.165 ELU/ Kg	0.00266 d'ELU/ Gaufrette
D'autres produits chimiques	8.45 g /gaufrette	0.2 ELU/ Kg	0.00169 d'ELU/ Gaufrette
Total			1.76 d'ELU/ Gaufrette

Tableau 2.14 : Les produits chimiques concernant la production de transistor

Les produits chimiques :

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Acide sulfurique	740 g / gaufrette	0.2 ELU/ kg	0.148 d'ELU/ Gaufrette
Peroxyde d'hydrogène	335 g/ gaufrette	0.5 ELU/ kg	0.168 d'ELU/ Gaufrette
Acide chlorhydrique	215 g / gaufrette	0.15 ELU/ kg	0.0322 d'ELU/ Gaufrette
Acide fluorhydrique	166 g / gaufrette	0.4 ELU/ kg	0.0664 d'ELU/ Gaufrette
Acétone	142 g / gaufrette	1.47 ELU/ kg	0.209 d'ELU/ Gaufrette
Acide nitrique	131 g / gaufrette	0.3 ELU/ kg	0.0393 d'ELU/ Gaufrette
Acide phosphorique	60.9 g / gaufrette	0.5 ELU/ kg	0.0304 d'ELU/ Gaufrette
Ammoniaque	40.9 g / gaufrette	0.25 ELU/ kg	0.0102 d'ELU/ Gaufrette
La photo résistant	35.6 g / gaufrette	5.0 ELU/ kg	0.178 d'ELU/ Gaufrette
Silicontetrachloride	13.6 g / gaufrette	0.8 ELU/ kg	0.0109 d'ELU/ Gaufrette
Fluorure d'ammonium	11.8 g/ gaufrette	0.3 ELU/ kg	0.00354 d'ELU/ Gaufrette
D'autres produits chimiques	300 g/ gaufrette	1.0 ELU/ kg	0.3 d'ELU/ Gaufrette
Total			1.20 d'ELU/ Gaufrette

### 3) consommation d'énergie :

Pour fabriquer une gaufrette (approximativement 1000 transistors) 150 KWHS sont employés. Ceci a comme conséquence une charge environnementale de gaufrette de 9.9 ELU/, quand un index environnemental 0.0659 ELU/ KWH est employé. Cette valeur est considérée pour être une bonne estimation pour la production d'énergie électrique partout dans le monde. Pour l'index d'énergie électrique produite en Suède nous obtenons à une valeur considérablement inférieure, 0.0071 ELU / kWh et une charge de l'environnement de 1.08 ELU / gaufrette.

V.3.4. Transistor d'arséniure de gallium(GaAs) :

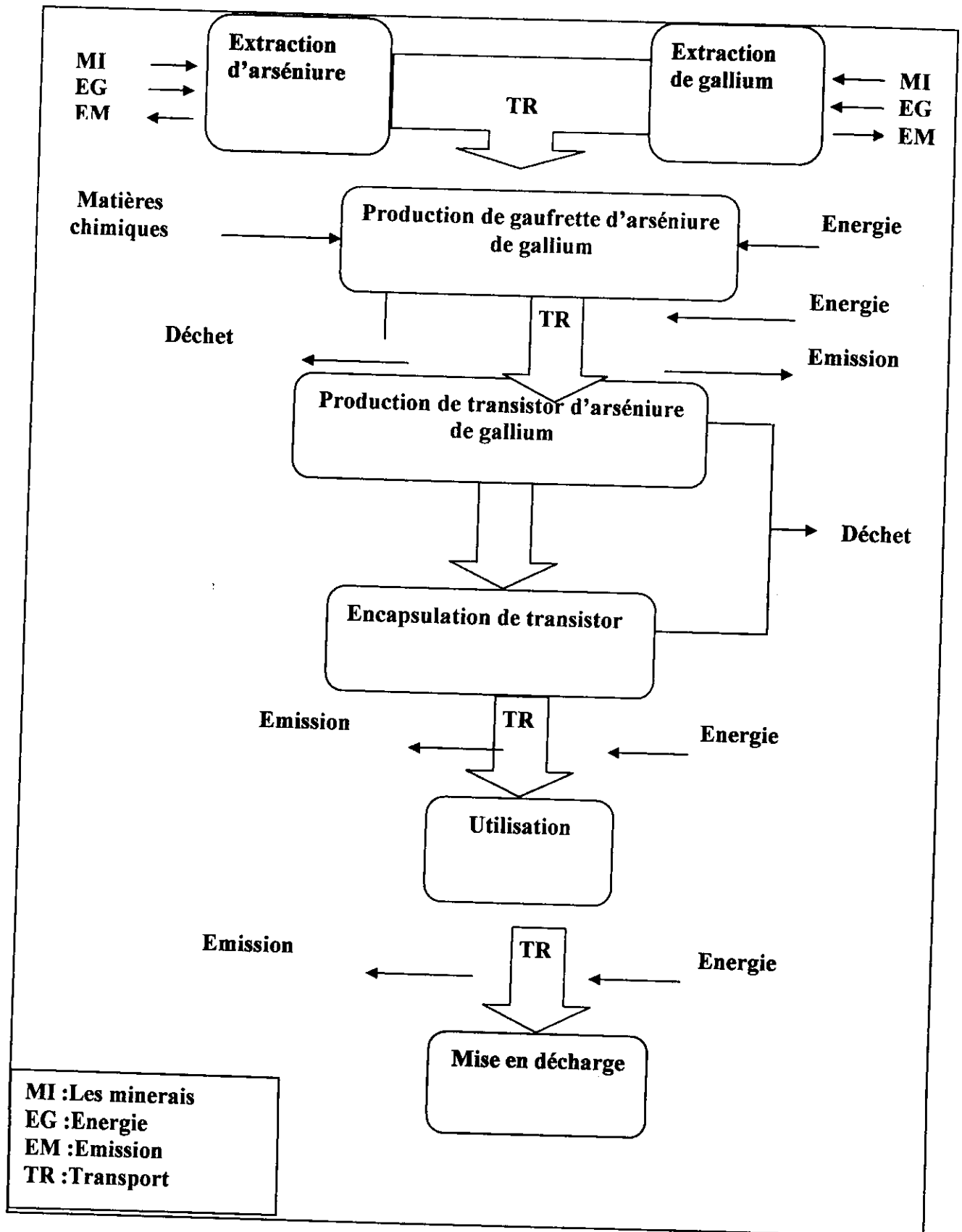


Figure 2.16 : Le cycle de vie de transistor d'arséniure de gallium

## La production de la gaufrette :

Tableau2.15 : Les substances utilisées dans la fabrication de la gaufrette de GAAs

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env
Gallium, Ga	1Kg	3.0 ELU / Kg	3.0ELU
Arsenic, As	5Kg	100ELU/Kg	500ELU
Acide chlorhydrique	100 g	0.15ELU/Kg	0.015ELU
Peroxyde d'hydrogène	200 g	0.5ELU/Kg	0.1ELU
Acide sulfurique	400 g	0.2ELU/Kg	0.08ELU
D'autres matériaux	1Kg	0.5ELU/Kg	0.5ELU
Consommation d'énergie	100KWHS	0.0659ELU/KWHS	0.5ELU
Total			510.3ELU

## 2) production de transistor :

Tableau2.16: Les gaz concernant la fabrication de transistor de GaAs

## Les gaz :

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Azote, N2	70 kg / Gaufrette	0.025 ELU/ kg	1.75 d'ELU/ Gaufrette
Hydrogène, H2	200 g / Gaufrette	0.05 ELU/ kg	0.01 d'ELU/ Gaufrette
Gaz chlorique hydraulique, HCl	20 g / Gaufrette	0.165 ELU/ kg	0.0033 d'ELU/ Gaufrette
D'autres gaz	50 g / Gaufrette	0.2 ELU/ kg	0.01 d'ELU/ Gaufrette
Total			1.7733 d'ELU/ Gaufrette

**Tableau 2.17 : Les produits chimiques concernant la production de transistor GaAs**  
**Les produits chimiques :**

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Acide chlorhydrique, HCl	300 g / Gaufrette	0.15 ELU/ Kg	0.045 d'ELU/Gaufrette
Peroxyde d'hydrogène, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	400 g / Gaufrette	0.5 ELU/ Kg	0.2 d'ELU/ Gaufrette
Acide sulfurique, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	800 g / Gaufrette	0.2 ELU/ Kg	0.16 d'ELU/ Gaufrette
Acétone	200 g / Gaufrette	1.5 ELU/ Kg	0.3 d'ELU/ Gaufrette
Isopropanol	50g / Gaufrette	0.6 ELU/ Kg	0.03 d'ELU/ Gaufrette
Acide fluorhydrique, à haute fréquence	100 g / Gaufrette	0.1 ELU/ Kg	0.01 d'ELU/ Gaufrette
D'autres produits chimiques	300 g / Gaufrette	1 ELU/ Kg	0.3 d'ELU/ Gaufrette
Total			1.045 d'ELU/ Gaufrette

### 3. Les données communes :

#### 3.1. Encapsulation :

**Tableau 2.18 : Substance entrant dans le processus d'encapsulation.**

Substance	Quantité	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Cuivre pour des jambes de raccordement	50 g / gaufrette	1.5 ELU/ kg	0.075 d'ELU/ gaufrette
Époxyde, incl. Bromure	350 g / gaufrette	1.56 ELU/ kg	0.546 d'ELU/ gaufrette
Fibre de verre	22 g / gaufrette	0.38 ELU/ kg	0.00836 d'ELU/ gaufrette
Consommation D'énergie	10 KWHS	0.0659ELU/ KWH	0.659 d'ELU/ gaufrette
Total			1.28836 d'ELU/ gaufrette

**3.2. Transport :** Un transistor n'est pas fabriqué dans une seule place mais dans plusieurs emplacements différents partout dans le monde. Par exemple le processus de la lithographie (étape de processus de fabrication) peut être fait dans Suède et l'encapsulation peut être fait en Sud-est d'Asie.

**Tableau 2.19 :** La charge environnemental du processus transport.

Manière de transport	Quantité	Distance	Index de charge d'Env.	Unité de charge d'Env.
Terre	5 Kg / gaufrette	500 kilomètres	0.01/(tonne kilomètre)	0.025 d'ELU/ Gaufrette
Air	100 g / gaufrette	10000 kilomètres	0.19/(tonne kilomètre)	0.19 d'ELU/ Gaufrette
Total				0.215 d'ELU/ Gaufrette

**3.3. Utilisation :** Supposons que le transistor est en service approximativement 5 heures par jour et a une vie moyenne de 5 ans.

**Tableau 2.20 :** Consommation d'énergie dans le processus utilisation.

Transistor	Unité	Effet	Temps	Consommation d'énergie	Unité de charge d'Env.
GaAs	Transistor simple	0.3 W	Un an	0.548 KWH	0.036/ an
GaAs	Transistor simple	0.3 W	Cinq ans	2.76 KWHS	0.18/ 5 ans.
GaAs	1000 transistors		Cinq ans	2760 KWHS	180/ 5 ans.
Silicium	Transistor simple	0.5 W	Un an	0.913 KWH	0.06/année
Silicium	Transistor simple	0.5 W	Cinq ans	4.6 KWHS	0.30/ 5 ans.
Silicium	1000 transistors		Cinq ans	4600 KWHS	301/ 5 ans.

**Evaluation d'impact :**

Ut	Utilisation
FT	Fabrication de transistor
FG	Fabrication de gaufrette
TR	Transport
EC	Encapsulation

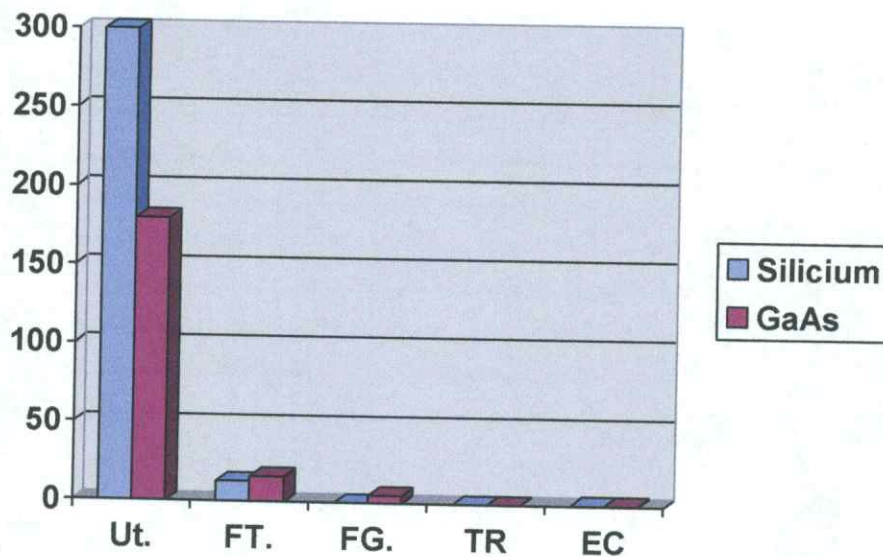


Figure2.17 : L'incidences totales sur l'environnement

On constate que c'est l'utilisation et non pas la fabrication de transistor qui contribue à la principale charge environnementale. Quand on compare les deux produits on trouve que le transistor du silicium consomme plus d'énergie que le transistor de l'arséniure de gallium et donc il a la plus grande charge environnementale. Si nous n'incluons pas la phase d'utilisation, la production des transistors sera la charge la plus considérable. Des deux produits examinés nous avons vu que le transistor de l'arséniure de gallium contribue à une plus grande charge environnementale, dû au fait que ce produit a un processus industriel plus complexe et contient des produits chimique plus hasardeux. Un pas important dans le processus de faire des améliorations dans un sens environnemental est d'essayer de minimiser la consommation d'énergie pour les appareils électriques.



*Partie III*  
*Conception*

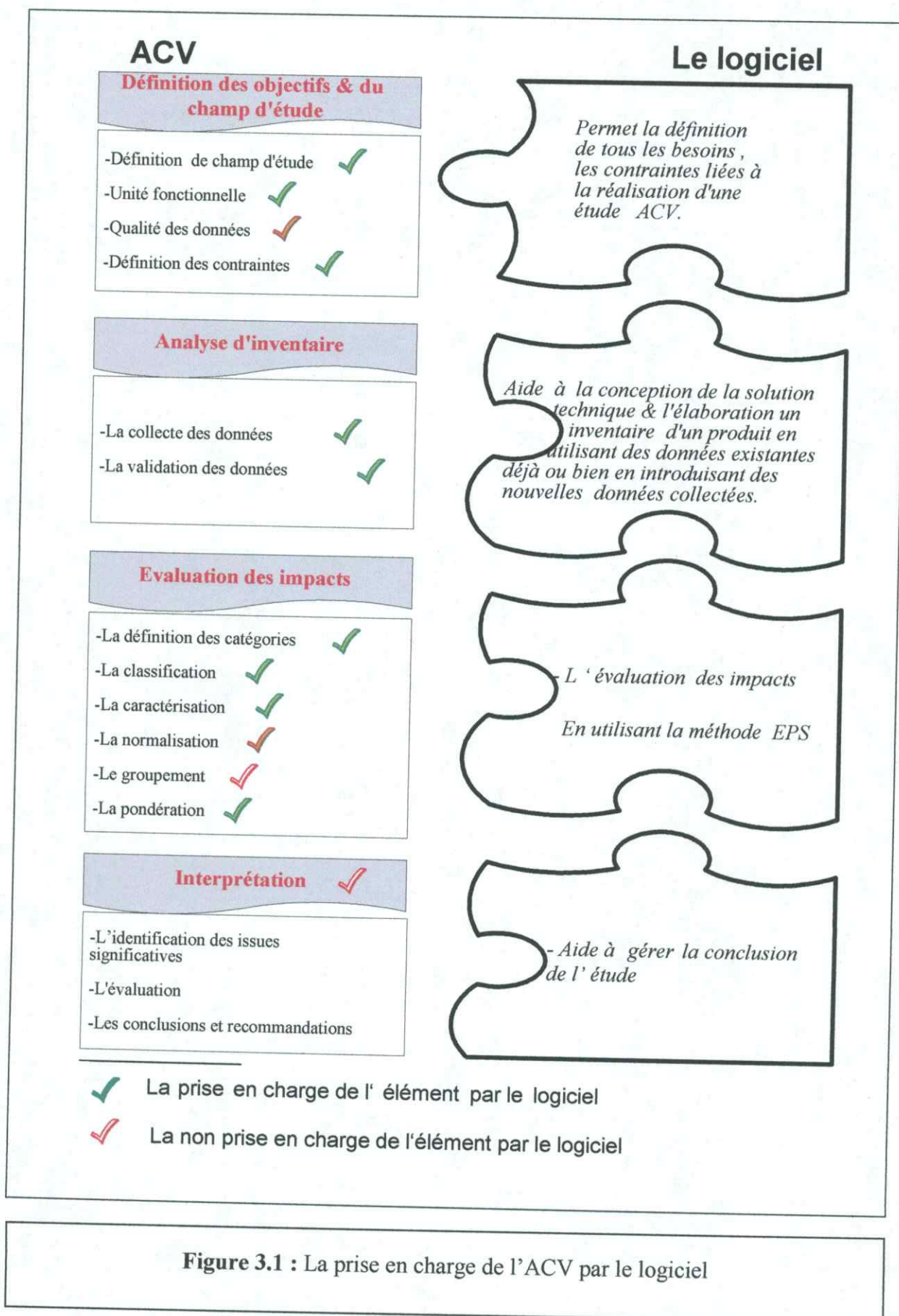


### **I. Spécifications générales du logiciel :**

Le logiciel visé doit supporter la démarche d'une étude d'analyse du cycle de vie telle qu'elle est normalisée par la série de norme ISO 1404X. Ce support doit assurer le plus fidèlement possible cette prise en charge qui ne peut être d'aucune manière acquise à cent pour cent à cause de la nature d'une étude ACV, qui est caractérisée par complication de ses itérations, et l'existence de quelques fonctions qui font appel à l'aspect cognitif dans la prise de décisions (comme la dernière phase de l'ACV : l'interprétation).

Notre logiciel doit offrir des fonctionnalités puissantes pour résoudre et supporter la gestion et l'évaluation des impacts environnementaux durant le cycle de vie d'un produit (complet, partiel)

La (figure 3.1), nous montre la prise en charge de l'ACV par le logiciel.



## II. Architecture du logiciel :

Cette partie a pour but de décomposer le logiciel en composants (modules) plus élémentaires, définis par leurs interfaces et leurs fonctions (les services qu'ils rendent)

L'objectif de cette phase est d'atteindre :

- Un découpage en modules.
- Une précision de la communication inter modules.
- Une description du contrôle inter modules (qui appelle qui).

### II.1. Architecture générale du logiciel :

Pour la décomposition du logiciel ; nous nous sommes basés sur la structure d'une étude ACV : chaque phase d'ACV correspond approximativement à un module , ou logiciel est décomposé en trois modules (Figure4.1).

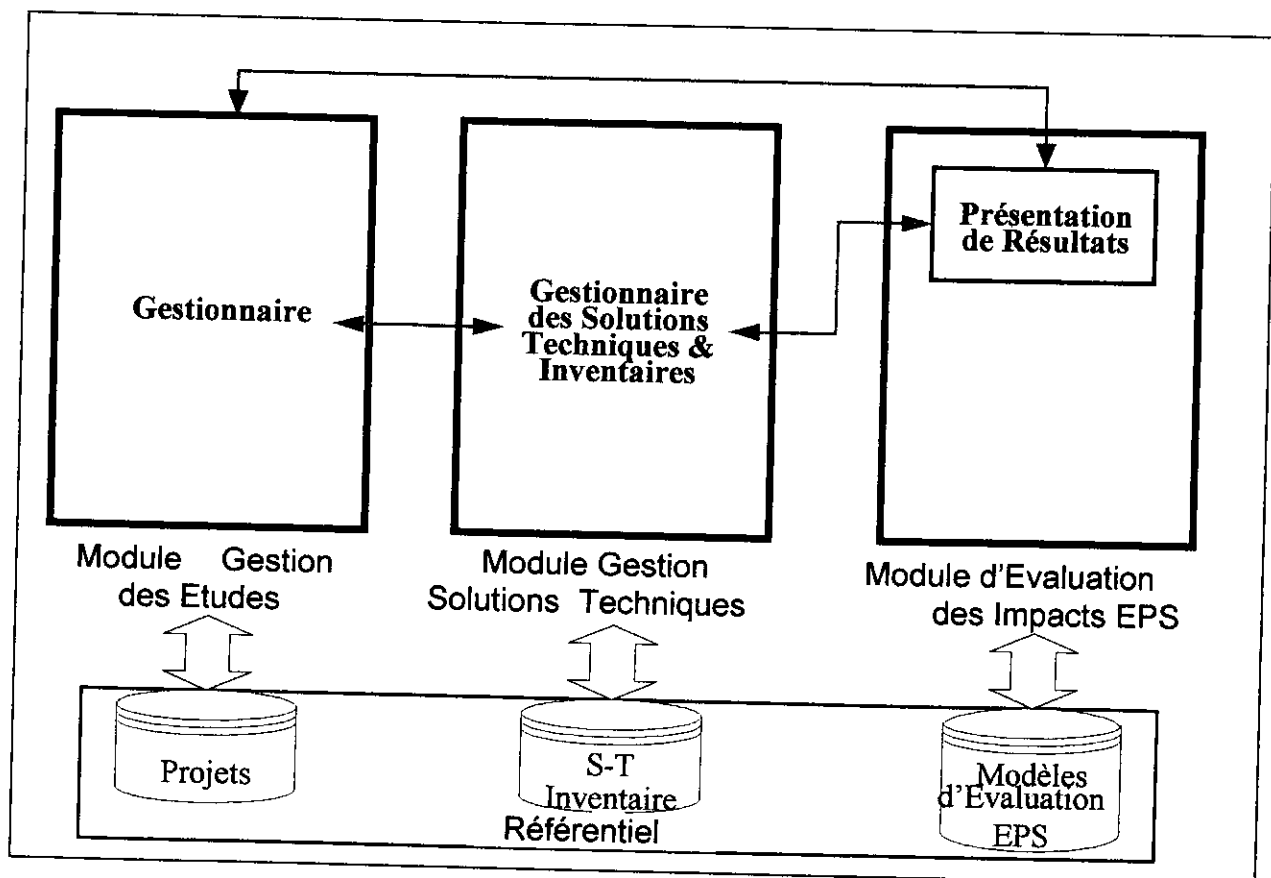


Figure3.2 : Architecture générale de l'outil

### II.1.1 Module de gestion des études

Le module de gestion des études prend en charge la première phase et la dernière phase d'une étude ACV, respectivement, la définition des objectifs et du champ d'étude et l'interprétation.

Il offre à l'utilisateur une assistance pour définir l'environnement du travail et pour l'interprétation, tout en respectant un format normalisé par ISO et qui représentera le communiqué d'étude .

il nous permet de définir pour une nouvelle étude :

- L'objectif de l'étude : (analyse d'un produit, comparaison entre deux produit) .
- Le choix de l'unité fonctionnelle de l'étude.
- Définition du champ d'étude les phases du cycle de vie concernée par l'étude
- Définition des différentes contraintes sur les futures données de l'étude (géographique, technique, qualité ...) ;

Comme il offre une assistance pour rédiger le rapport final de l'étude (conclusion).

### II.1.2. Module de gestion de la solution technique

Le module gestion de la solution technique aide l'utilisateur à élaborer un inventaire quantitatif et qualitatif des différents flux (énergie, matière première, émission ..).

La création de l'inventaire peut se faire en réutilisant ce qui existe déjà dans le référentiel.

- La notion de la hiérarchie des processus simplifie d'une façon remarquable la complexité des définitions des différentes sous étapes d'une phase du cycle de vie ; et l'exemple le plus connu est la phase production d'un produit complexe (composé par plusieurs autres produits) qui peut contenir des centaines de sous processus,
- En cas de collecte de données le module :
  - ✓ Garde la trace des processus que nous devons inventorier.
  - ✓ Prépare à la collecte des données ; avec l'édition des fiches qui indique les processus qui font objet de la collecte, avec les différentes spécificités de l'étude concernant les données (l'âge des données, leur source, leur qualité ...etc.)

- ✓ Permet d'introduire les données collectées d'une façon intelligente avec une souplesse de saisie et qui consiste à suivre l'introduction des données selon leur nature (émission dans l'aire, sol, eaux, MP, énergie..).

### **II.1.3 Module d'évaluation d'impacts environnementaux EPS**

Le module d'évaluation d'impacts comprend la méthode d'évaluation d'impacts EPS. De plus, un outil lui est fournis pour présenter les résultats pour une éventuelle interprétation dans un format textuel et graphique.

### III. La modélisation des données :

#### III.1. Introduction :

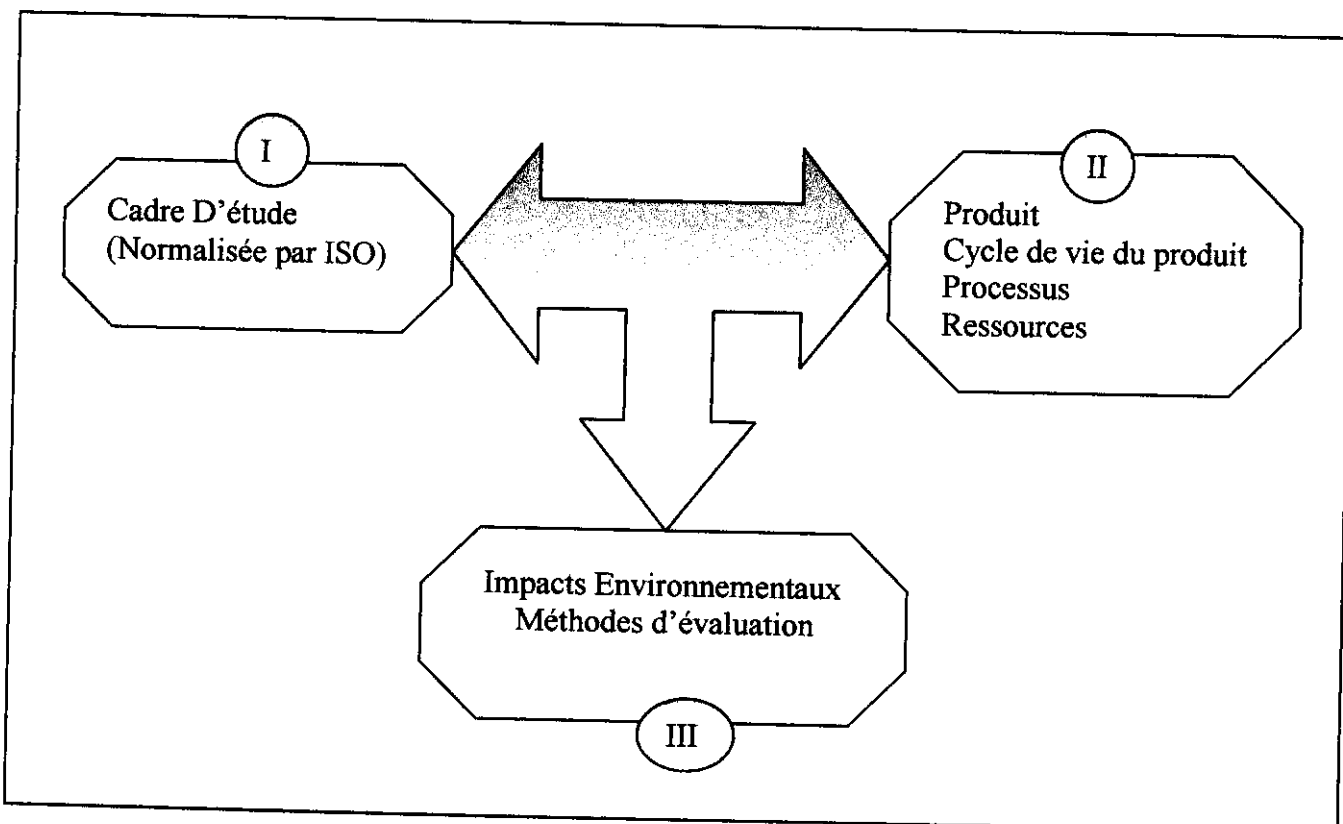
Dans cette partie du travail, nous allons identifier les informations qui concernent le déroulement d'une étude ACV et de les modéliser avec la méthode de conception merise (le modèle Entité Association).

#### III.2 .Découpage de l'aspect statique (données) :

Pour l'évaluation des impacts environnementaux résultants du cycle de vie d'un produit donné par l'ACV, nécessite un ensemble important de données qui seront représentées comme suite : celles qui touche **le produit**, les différents **phases de son cycle de vie** et les **processus** inclus dans chacune de ces phases, ainsi les **flux intervenants** (les ressources, les émissions et les rejets des déchets).

Les informations relatives aux impacts environnementaux, les principes et les **méthodes** de leurs évaluation, en plus de ça les informations concernant l'étude.

L'analyse de ces informations, nous à permet de les classer on trois ensembles :



**Figure3.3:** Schéma conceptuel global de données

- I : les données concernant les projet d'études, leurs cadres généraux, objectifs, conclusion et résultats.
- II : les données de la solution technique-inventaire : produit, son cycle de vie, les différents processus dans chaque phase du cycle de vie, les ressources et les émissions.
- III : les données d'impacts environnementaux, les modèles de leur évaluation.

Chaque partie sera détaillée dans la suite, avec pour chacune : l'identification des données pertinentes dont l'existence est jugée nécessaire pour les utilisateurs du logiciel.

### **III-2.1 Sous schéma conceptuel solution technique :**

#### **Introduction :**

Le sous-schéma conceptuel « SOLUTION TECHNIQUE-INVANTAIRE » nous permet de modéliser les phases du cycle de vie d'un produit relativement à une solution technique, le produit avec ses propres caractéristiques, son cycle de vie les différent processus et sous processus inclus dans chaque phases du cycle de vie .

Il permet aussi la modélisation des différents flux entrants (consommation de la matières premières et d'énergies) et sortants (émissions, rejets) constituant l'inventaire d'étude.

#### **Modélisation du sous-schéma produit :**

La modélisation du sous-schéma Produit à été déjà étudié largement dans le projet européen DECIDE, qui a permis de développer une méthode et un ensemble d'outils associés (SIAD) pour assister les entreprises dans les réponses à appel d'offre.

Pour réaliser cette partie, nous nous sommes beaucoup inspirés du travail réalisé dans le cadre du projet DECIDE. [DECIDE 98]

Dans les sous schéma produit, une solution technique est modélisée sous la forme arborescente de décompositions et d'association entre des produits, des processus et des ressources (Figure 3.4).

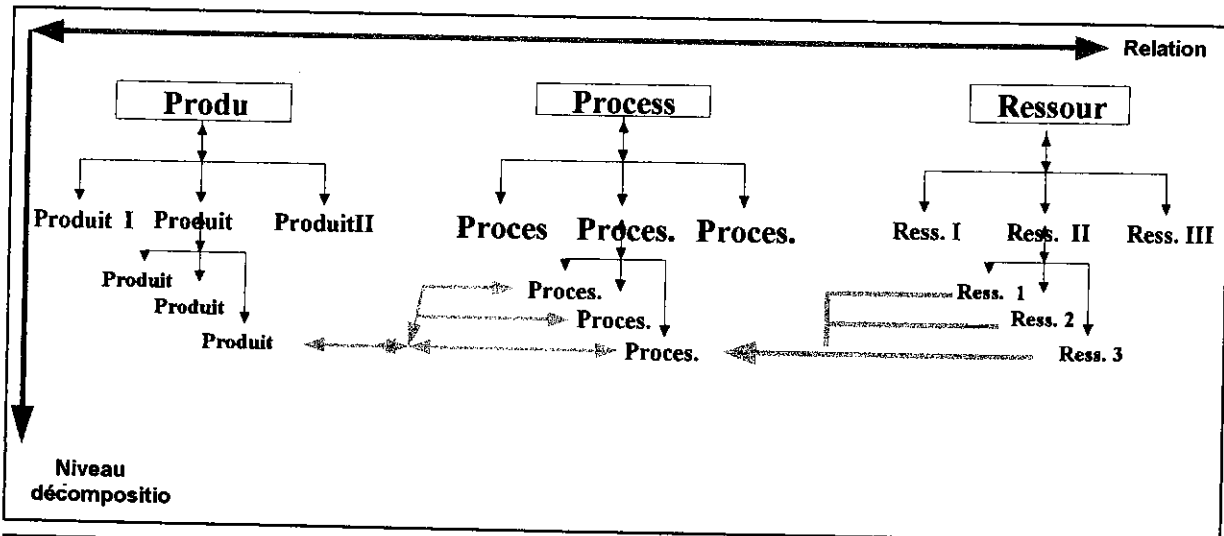


Figure 3.4: Représentation du sous schéma Solution Technique selon DECIDE

Une solution technique est ainsi constituée : produits: « quelque chose qui correspond à une concrétisation sous la forme d'un produit ou d'un service »

A chaque entité technique, on associe les processus correspondant aux tâches nécessaires pour la fabriquer, les ressources nécessaires à leur déroulement.

Ces ressources peuvent être des matières premières, de la main d'œuvre, des machines...etc

Chaque composant du système produit\*processus\*ressources peut être décomposer en sous composants plus détaillés.

De notre part nous avons profité de cette modélisation par l'extension de trio :

Produit – Processus ( de fabrication ) – Ressource en :

Produit – Processus ( de cycle de vie ) – Substance.

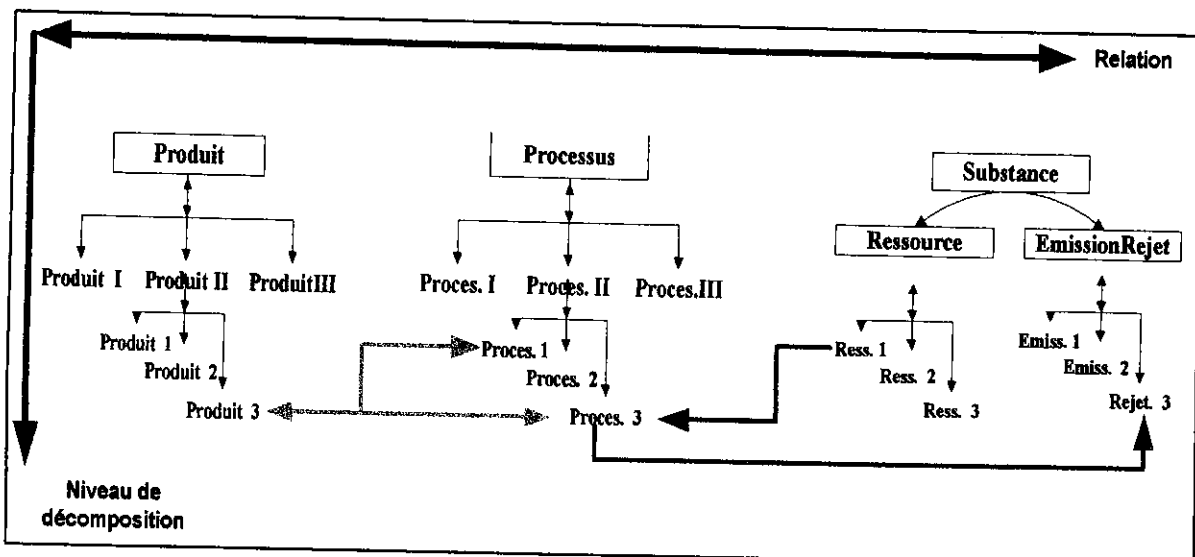


Figure 3.5 : Représentation du sous schéma Solution Technique – Inventaire



**Les entités :**

**Entité « Produit » :**

Liste des propriétés :

- Id produit : identifiant unique du produit.
- Libellé produit : le libellé du produit.
- Description produit : une description court du produit.
- Niveau décomposition produit : le niveau du produit dans la décomposition du produit père.
- Type produit : produit physique ou service.

**Entité « Processus » :**

Liste des propriétés :

- Id processus : identifiant unique du processus.
- Nom processus : le nom du processus dans l'entreprise.
- Description processus : Description du processus .
- Niveau décomposition processus : le niveau du processus dans la décomposition du processus père.

**Entité « Substance » :**

Liste des propriétés

- Id substance : identifiant unique du substance.
- Libellé substance : le nom de cette substance.
- Libellé scientifique substance : le nom scientifique de la substance, par Exemple
- Niveau décomposition substance : le niveau du substance dans la décomposition du substance père.
- Unité de mesure par défaut : Unité de mesure de la substance : Kg, m<sup>3</sup> .
- Indice substance : indice environnemental associe à chaque substance.

**Entité « Classe Produit » :**

Liste des propriétés :

- Code classe : identifiant unique de la classe produit.
- Libellé classe : Le nom de la classe du produit.

**Entité « Géographie » :**

Liste des propriétés :

- Id zone-géographique : identifiant unique de la zone-géographique.
- Libellé zone-géographique : le nom de la zone géographique , exemple : Afrique.
- Type zone-géographique : indique le type de la zone, par exemple national, régional.

**Entité « Technologie » :**

Liste des propriétés :

- Id technologie : identifiant unique de la zone-géographique. technologie.
- Libellé technologie : le nom de la technologie.
- Description technologie : description du technologie, exemple :bonne, mauvaise.

**Entité « Catégorie de substance » :**

Liste des propriétés :

- Id catégorie substance : identifiant unique de la catégorie de la substance.
- Nom catégorie substance : Nom de la catégorie de substance, par exemple :matière première, énergie....

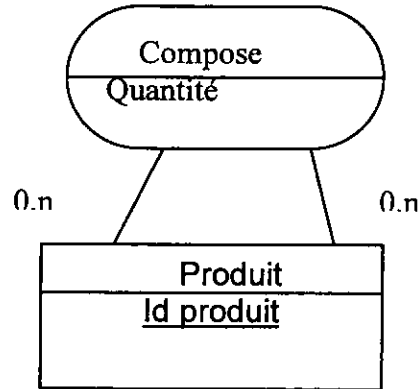
**Entité « Classe Processus » :**

Liste de propriétés :

- Id Classe processus : Identifiant unique de la classe du processus.
- Libellé classe processus : Nom de la classe du processus, par exemple : processus de fabrication, de maintenance ou de conception.

**Liste des Associations :**

**Association « COMPOSE » :**



Description : Un produit est lui-même composé de sous produit, ou peut être rentre dans la composition d'un autre produit .

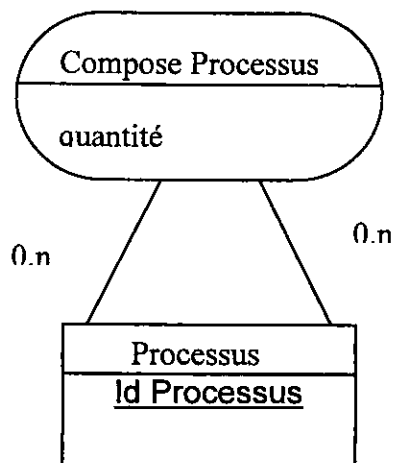
Règles de gestion :

- Un produit peut être composée de plusieurs produits ou d'aucun.
- Un produit peut entrer dans la composition de plusieurs produit ou d'aucun produit.

Liste des propriétés :

- Quantité : quantité de produit fils utilisée par le produit père.

**ASSOCIATION « COMPOSE\_PROCESSUS » :**



Description : Association qui décrit qu'un processus donné est lui-même composé de sous processus .

Règles de gestion :

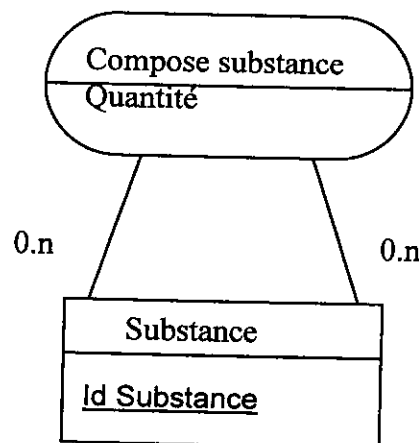
- Un processus peut être composée de plusieurs processus ou d'aucun.
- Un processus peut entrer dans la composition de plusieurs processus ou d'aucun processus.

Liste de propriété :

- Quantité : quantité de processus fils utilisée par le processus père .

**ASSOCIATION : « COMPOSE\_SUBSTANCE » :**

Description : une substance donnée est elle-même composée se sous substances, ou peut rentrer dans la composition d'une autre substance



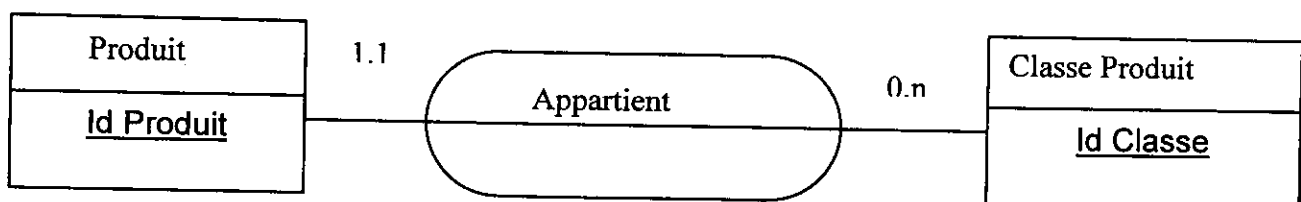
Règle de gestion :

- Une substance peut être composée de plusieurs substances ou d'aucune .
- Une substance compose une autre substance ou aucune.

Liste des propriétés :

- Quantité : quantité de substance utilisée.

**ASSOCIATION « APPARTIENT » :**

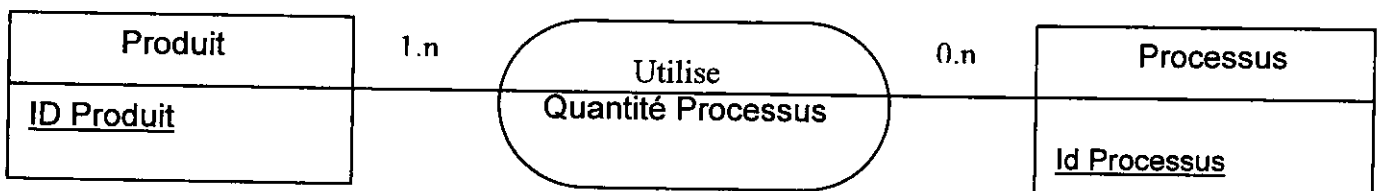


Description : Associe chaque produit à la classe à laquelle il appartient.

Règles de gestion :

- Une classe peut contenir plusieurs produits ou peut ne pas contenir aucun produit.
- Un produit appartient à une seule classe.

**ASSOCIATION « UTILISE » :**



Description : Cette association décrit comment un produit utilise un processus .

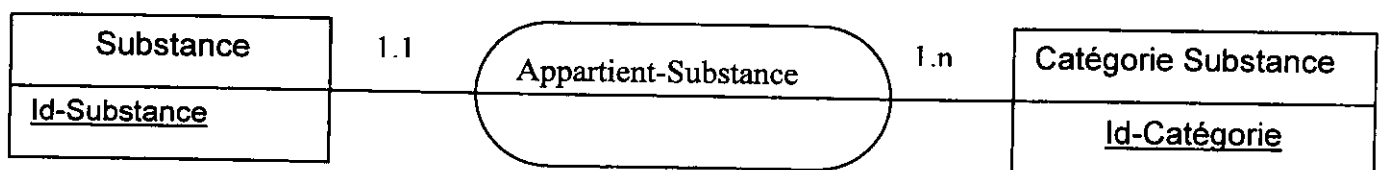
Règle de gestion :

- Un produit peut utiliser un seul processus , ou peut utiliser plusieurs.
- Un processus peut ne pas être utilisé par aucun produit ou peut être utilisé par plusieurs

Liste des propriétés :

- Quantité processus : la quantité du processus utilisé par un produit

**ASSOCIATION APPARTIENT\_SUBSTANCE :**

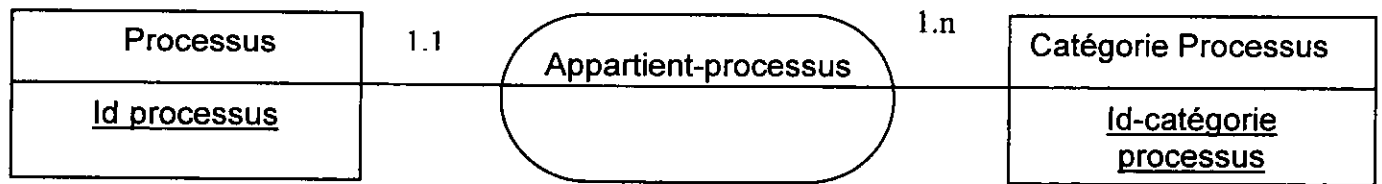


Description : Associe chaque substances au catégories au laquelle elle appartient.

Règle de gestion :

- Une substances appartient à une seule catégorie.
- Une catégorie substance peut contenir une substance ou peut contenir plusieurs substances.

**ASSOCIATION « APPARTIENT\_PROCESSUS » :**



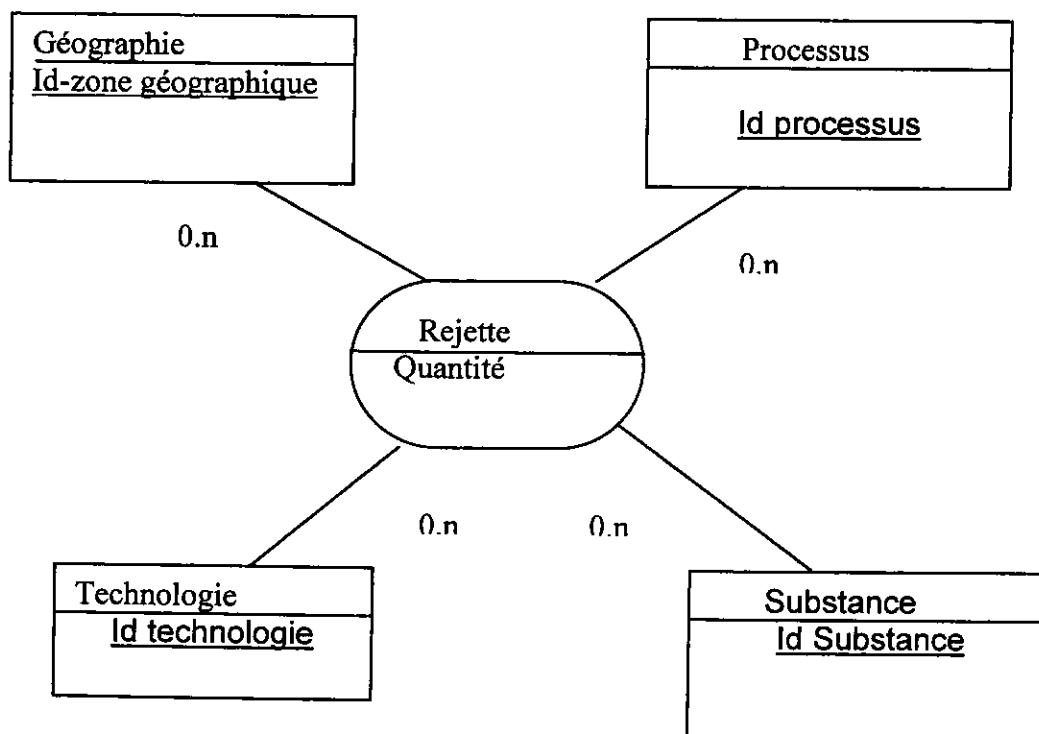
Description : Associe chaque processus au catégorie au lequel il appartient.

Règles de gestion :

- Un processus appartient à une seule catégorie.
- Une catégorie processus peut contenir un processus ou peut contenir plusieurs processus

**ASSOCIATION « REJETTE\_SUBSTANCE » :**

Description : Cette association décrit que un processus rejette une substance avec des paramètres rejet sous contrainte géographiques et technologiques.



Règles de gestion :

- Un processus peut ne pas rejeter de substances ou peut en rejeter plusieurs selon une technologie utilisée et dans une géographie déterminée.

- Une substance peut ne pas être rejetée par aucun processus ou peut être rejetée par plusieurs selon une technologie utilisée et dans une géographie déterminée.

Liste des propriétés :

- Quantité substance: Quantité de la substance rejetée par le processus de la solution technique.

### ASSOCIATION « CONSOMME\_SUBSTANCE » :

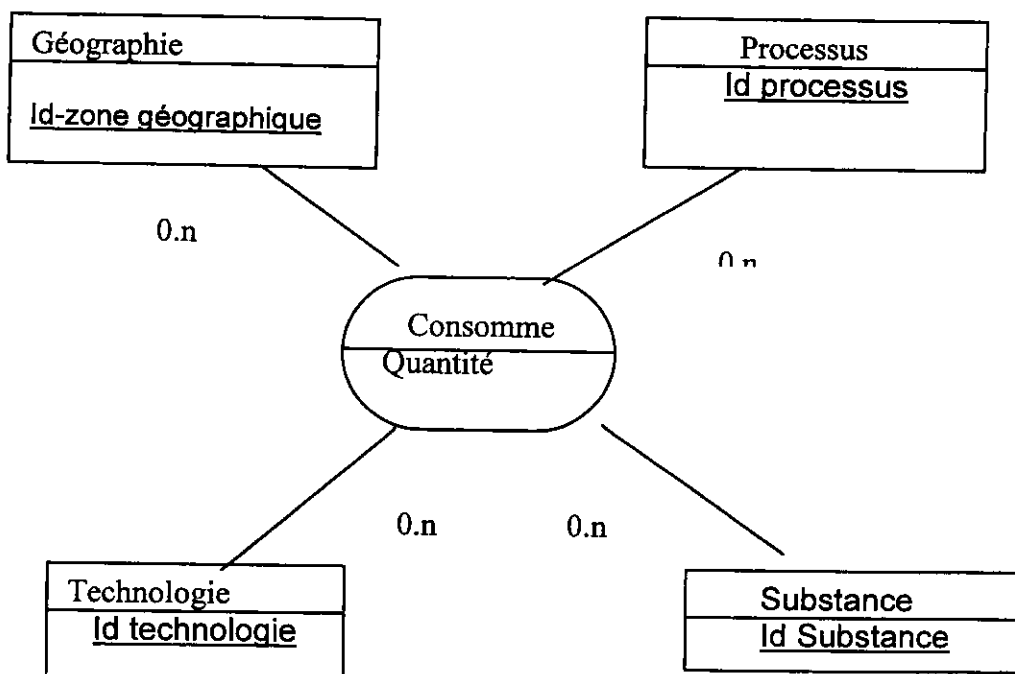
Description : Cette association décrit que un processus consomme une substance avec des paramètres consommation sous contrainte géographiques et technologiques.

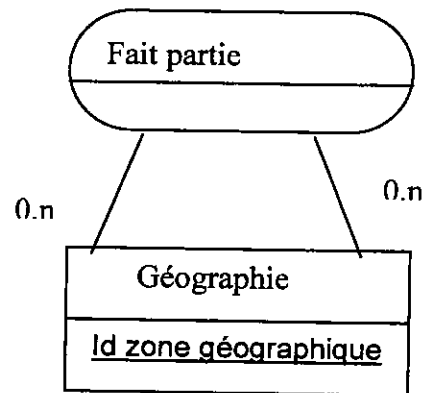
Règles de gestion :

- Un processus peut ne pas consommer de substances ou peut en consommer plusieurs selon une technologie utilisée et dans une géographie déterminée.
- Une substance peut ne pas être consommée par aucun processus ou peut être consommée par plusieurs selon une technologie utilisée et dans une géographie déterminée.

Liste des propriétés :

- Quantité substance: Quantité de la substance utilisée par le processus de la solution technique.



**ASSOCIATION « FAIT PARTIE » :**

Description : elle indique qu'une zone géographique fait partie d'une autre zone mère.

Règles de gestion :

- Une zone géographique fait partie d'une autre zone mère ou n'appartient à aucune.
- Une zone géographique mère peut ne pas avoir de sous zones, comme peut avoir plusieurs.



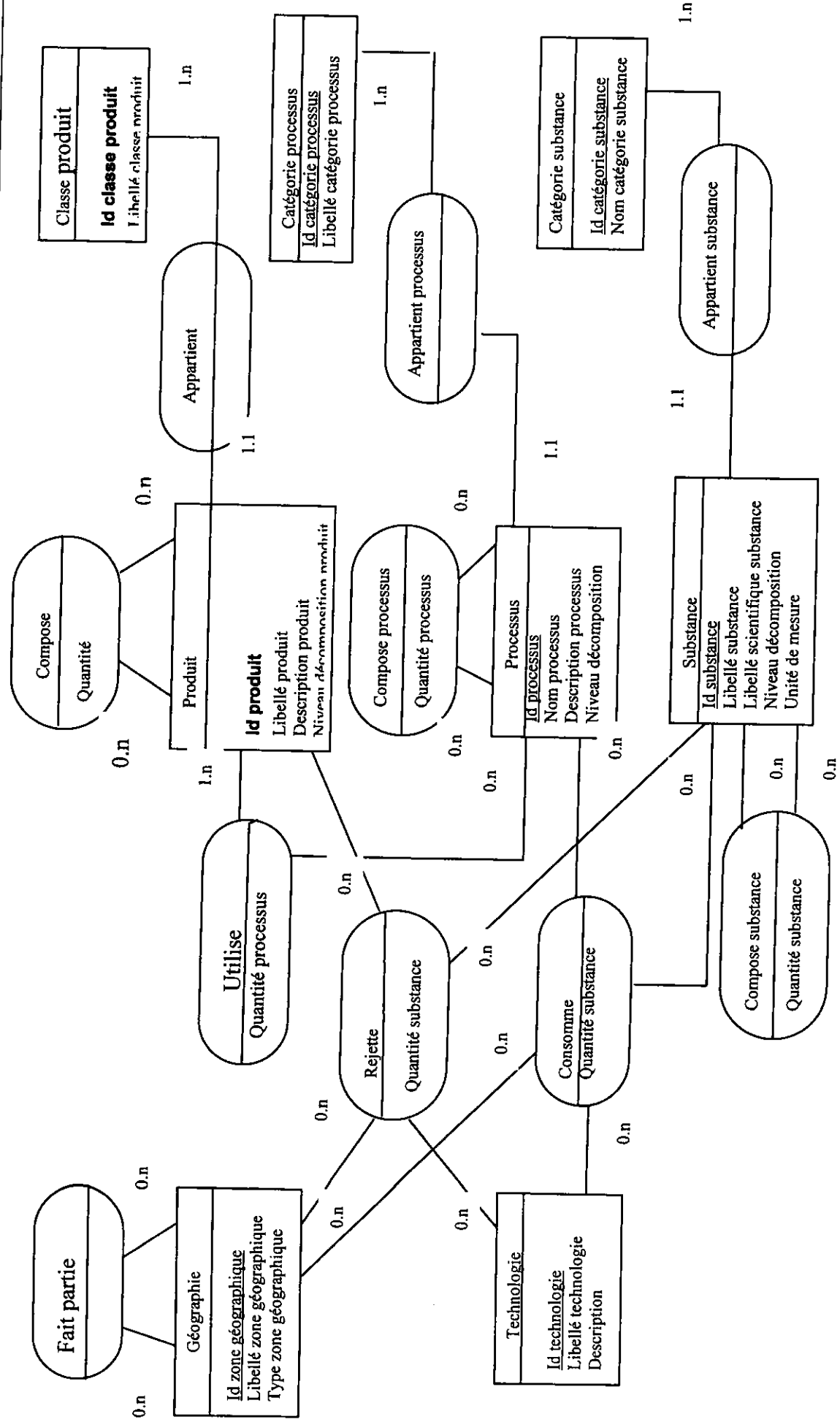


Figure 3.6 : Le sous modèle conceptuel solution technique

## II.2.2 Sous schéma étude :

### Introduction :

Dans cette partie nous allons interpréter d'une façon directe la première et la dernière phase d'une étude ACV : la définition des objectifs et du champ d'étude et l'interprétation des résultats qui sont détaillés dans la partie 2.

- ❖ La première définit :
  - L'objectif d'étude.
  - Les conditions sur le déroulement d'étude.
- ❖ La deuxième résume :
  - Les résultats de l'étude.
  - Les remarques et observations sur l'étude.

### Liste des entités :

#### ENTITE « ETUDE »

Liste des propriétés :

- Id étude: Identifiant unique d'étude.
- Objectif étude: l'énoncé des objectifs et le but d'étude.
- Remarque Objectif :
- Unité fonctionnelle : la description de l'unité fonctionnelle utilisée.
- Remarque unité fonctionnelle : explication sur le choix de l'unité fonctionnelle.
- Date début-étude: indique la date de début d'étude.
- Date fin-étude :indique la date fin d'étude.
- Conclusion : la conclusion d'étude.

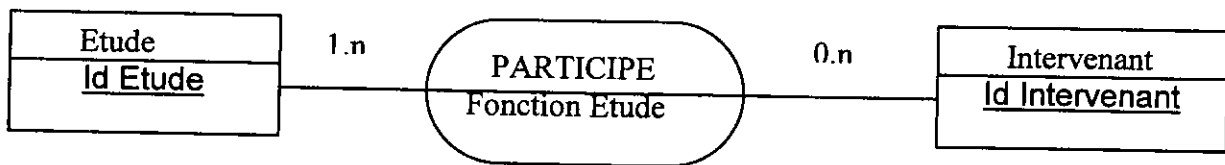
#### ENTITE « INTERVENANT » :

Liste des propriétés :

- Id intervenant: Identifiant unique d'un intervenant active dans le système
- Nom: nom de l'intervenant.
- Adresse : adresse de l'intervenant .
- Téléphone: téléphone de l'intervenant .
- Fax : fax de l'intervenant.
- Email : email de l'intervenant .

Liste des associations :

ASSOCIATION « PARTICIPE » :



Description : indique qu'un intervenant participe à l'étude.

Règles de gestion :

- Dans une étude participe un ou plusieurs intervenant.
- Un intervenant peut ne pas participer à l'étude ou bien en participer à plusieurs.

Liste de propriété :

- Fonction étude : correspond à la fonction de l'intervenant dans l'étude.

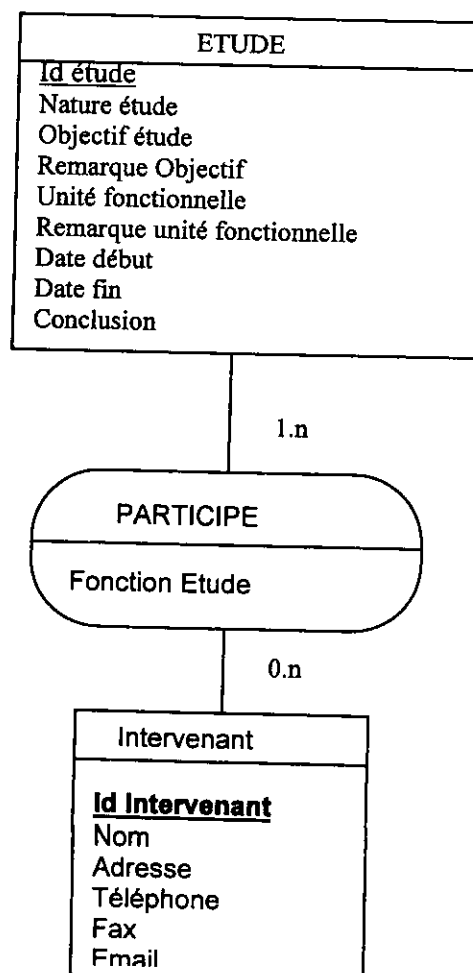


Figure3.7 : Le sous modèle conceptuel d'étude

### II.2.3 Sous modèle d'évaluation impacts environnementaux:

#### Introduction :

Le sous modèle d'évaluation d'impacts environnementaux regroupe tous les concepts liés à l'évaluation des impacts et qui correspondent à la 3<sup>ème</sup> phase d'une étude ACV.

Nom d'étapes	Prise en compte par rapport à EPS
Classification	Oui
Caractérisation	Oui
Normalisation	Non
Pondération	Oui
Groupement	Non

#### Listes des Entités :

##### ENTITE «CATEGORIE IMPACT »

Description :Elle contient l'ensemble des catégories d'impacts, ainsi des informations relatives à chaque catégorie.

##### Liste des propriété :

- Id catégorie-impact : identifiant unique de la catégorie d'impact.
- Libellé catégorie impact : l'appellation de la catégorie d'impact.
- description : correspond aux informations concernant les catégories 'impacts
- Unité mesure : unité de mesure utilisée pour la catégorie d'impact.

##### Entité « modèle évaluation »

##### Description :

Correspond à l'ensemble des informations relatives au modèle d'évaluation utilisé exemple CML; EPS..

##### Liste des propriétés :

- **Id modèle évaluation** : identifiant unique de modèle d'évaluation.
- **Libellé modèle d'évaluation** : l'appellation de modèle d'évaluation. exemple CML, UDIP
- **Description** :correspond à certaine information sur le modèle

- **N° Version** : indique le numéro de la version du modèle
- **Développeur** : indique l'organisme développeur du modèle, exemple EPS développé par VOLVO ( suède )

**Entité « modèle normalisation »**

*description*

Correspond à l'ensemble des informations relatives au modèle de normalisation utilisé.

*Liste des propriétés :*

- **Id modèle normalisation** : identifiant unique de modèle de normalisation.
- **Libellé modèle de normalisation** : l'appellation de modèle de normalisation.
- **Description** : correspond à certaines informations sur le modèle de normalisation.

**Entité « modèle PONDÉRATION »**

*description*

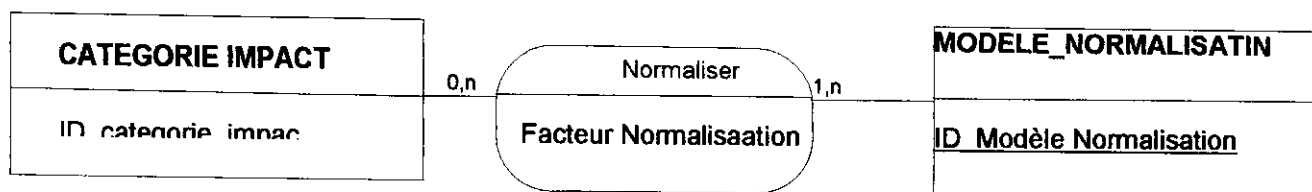
Correspond à l'ensemble des informations relatives au modèle de pondération utilisé

*Liste des propriétés :*

- **Id modèle pondération** : identifiant unique de modèle de pondération.
- **Libellé modèle pondération** : l'appellation du modèle de pondération.
- **Description** : correspond aux informations sur le modèle de pondération.

**Liste des associations :**

**ASSOCIATION « NORMALISER » :**



Description :

On va associer la catégorie d'impact à un modèle de normalisation avec les paramètres de normalisation.

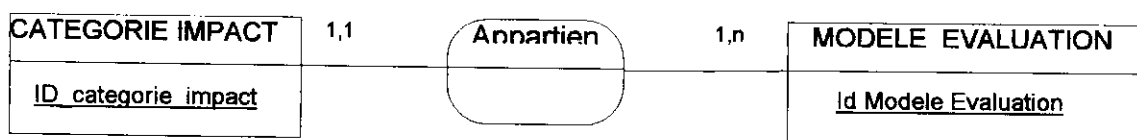
*Règles de gestion :*

- Une catégorie d'impact peut ne pas avoir à un moment donné un modèle de normalisation ou peut avoir un ou plusieurs modèles.
- Le modèle de normalisation peut normaliser un ou plusieurs catégories d'impacts.

Liste des propriétés:

- **Facteur normalisation:** correspond au facteur de normalisation pour une catégorie d'impacts dans un modèle de normalisation.

**ASSOCIATION « APPARTIENT » :**

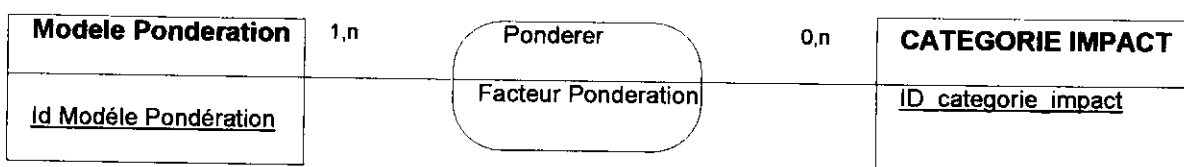


Description : Associe chaque catégorie d'impact à un modèle d'évaluation à le quelle appartient.

*Règles de gestion :*

- Un modèle d'évaluation peut contenir une ou plusieurs catégories d'impacts.
- Une catégorie d'impact appartient à un seul modèle d'évaluation.

**ASSOCIATION « PONDERER » :**



description :

Elle sert à lier chaque catégorie d'impacts à un modèle de pondération approprié sous certains paramètres de pondération.

*Règles de gestion :*

- Une catégorie d'impact peut ne pas avoir à un moment donné un modèle de pondération ou peut avoir un ou plusieurs modèles.
- Le modèle de pondération peut pondérer un ou plusieurs catégories d'impacts.

Liste des propriétés:

- **Facteur pondération** : indique le facteur de pondération pour une catégorie d'impacts dans un modèle de pondération.

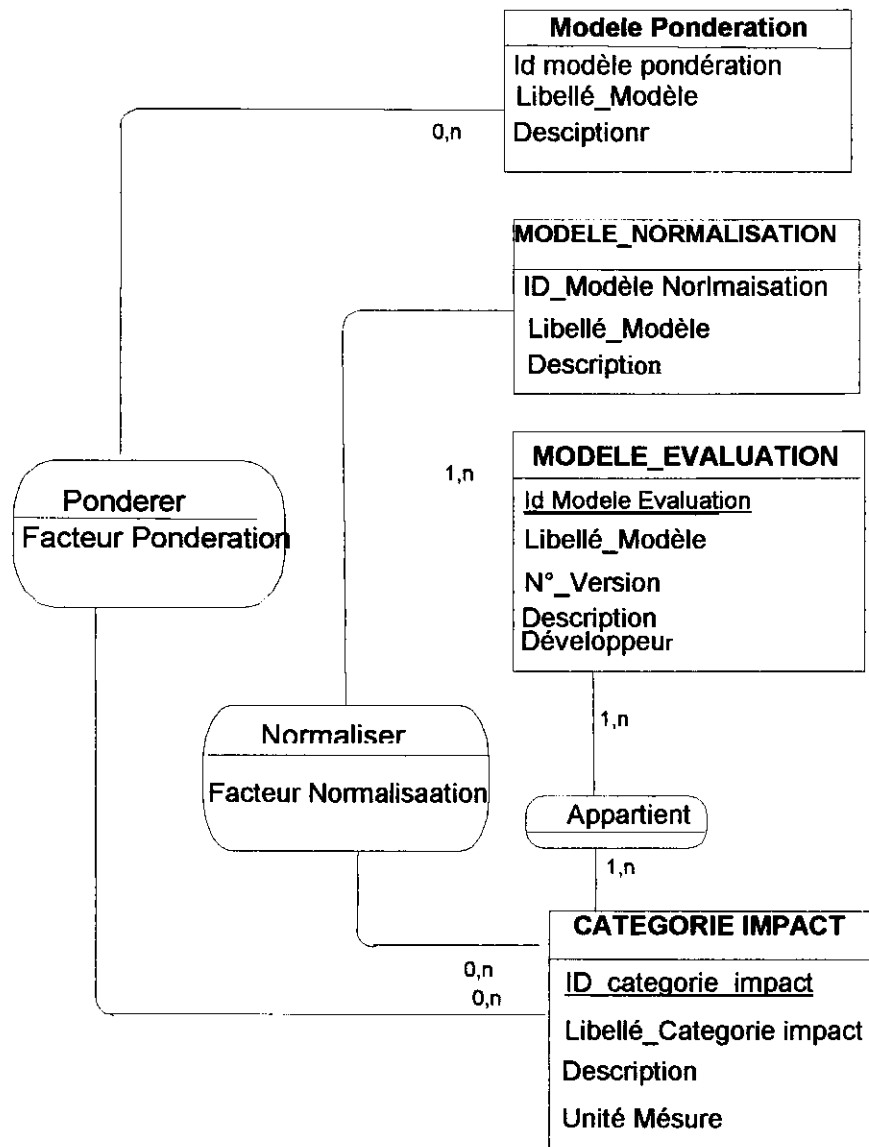


Figure 4.5 : Le sous modèle conceptuel d'évaluation d'impacts

### III\_2.4 Les relations entre les trois sous-schémas

Dans cette partie, nous allons présenter les interconnexions qui existent entre les différents sous schémas :

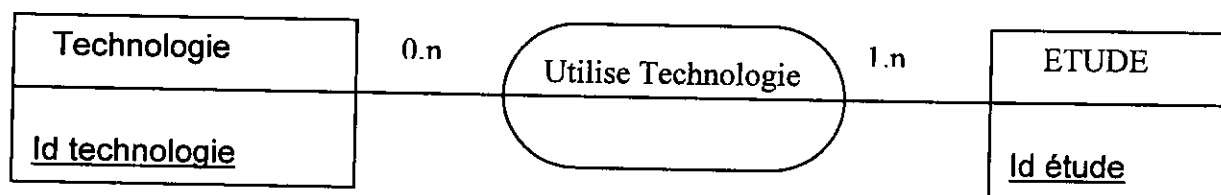
- Relation solution technique & étude.
- Relation solution technique & Evaluation d'impacts.
- Relation : Evaluation d'impacts & étude.

#### III.2.4.1 Sous-schéma étude et solution technique :

Le sous schéma projet d'analyse est relié au sous schéma solution technique inventaire pour un ensemble de relations permettent de :

- Déterminer le produit(s) concerné(s) pour le projet d'analyse.
- Associer les solutions techniques au projet d'analyse correspondant.

#### ASSOCIATION « UTILISE TECHNOLOGIE » :



Description :

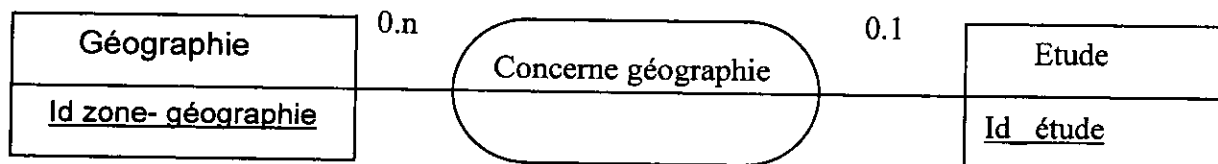
Associe à chaque projet d'analyse les différents modes de technologie utilisés pour la collecte de données.

Règle de gestion :

- Un projet d'analyse peut faire appel à différentes technologies pour l'acquisition des données.
- Une technologie peut ne pas être utilisée dans certains projets d'analyses comme elle peut être utilisée dans plusieurs.



**ASSOCIATION « CONCERNE LA GEOGRAPHIE » :**

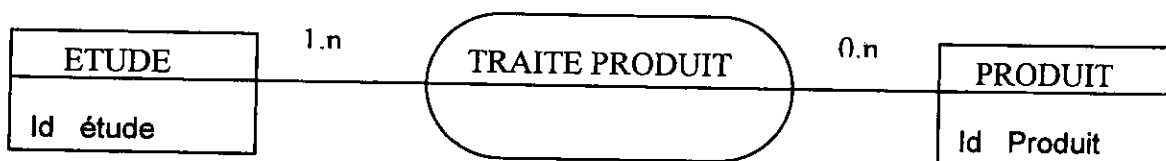


Description : Associe projet d'analyse avec les frontières géographique prévues pour son déroulement.

Règle de gestion :

- Une étude se focalise dans une géographie bien déterminée comme elle peut être faite sans la contrainte de la géographie.
- Pour une géographie donnée, il peut avoir plusieurs études ou aucune.

**ASSOCIATION « TRAITE-PRODUIT »**

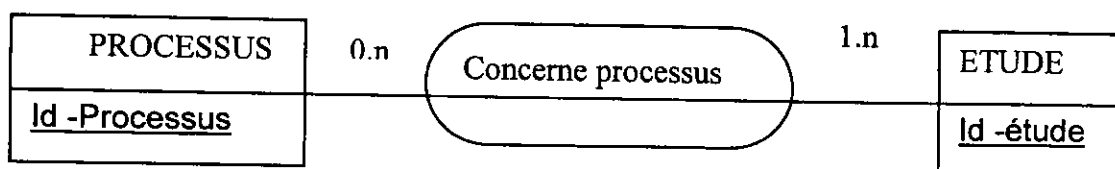


Description : Relie l'étude et le produit, pour déterminer le produit concerné(s) par l'étude.

Règle de gestion :

- Une étude traite un ou plusieurs produits par exemple dans le cas d'une comparaison entre les produits.
- Produit fera l'objet d'une ou plusieurs études.

**ASSOCIATION « CONCERNE PROCESSUS » :**



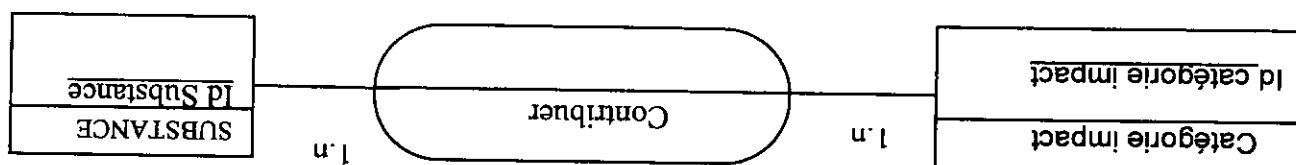
**II.2.4.3 Sous schéma évaluation d'impacts environnementaux et étude :**

Le sous schéma étude est relié avec le sous schéma évaluation d'impacts par deux relations (utilise modèle caractérisation, utilise modèle pondération) qui serrent toutes les informations sur l'étude donnée et le modèle caractérisation, modèle pondération utilisés par cette dernière.

- une substance contribue à une ou plusieurs catégories d'impacts.
- Une catégorie d'impact est influencée par une ou plusieurs substances.

Règle de gestion :

Description : Associer à chaque catégorie d'impact les substances qui contribuent à cette catégorie d'impact.



### ASSOCIATION « CONTRIBUER » :

**III.2.4.2 Sous schéma solution technique et évaluation d'impacts :**

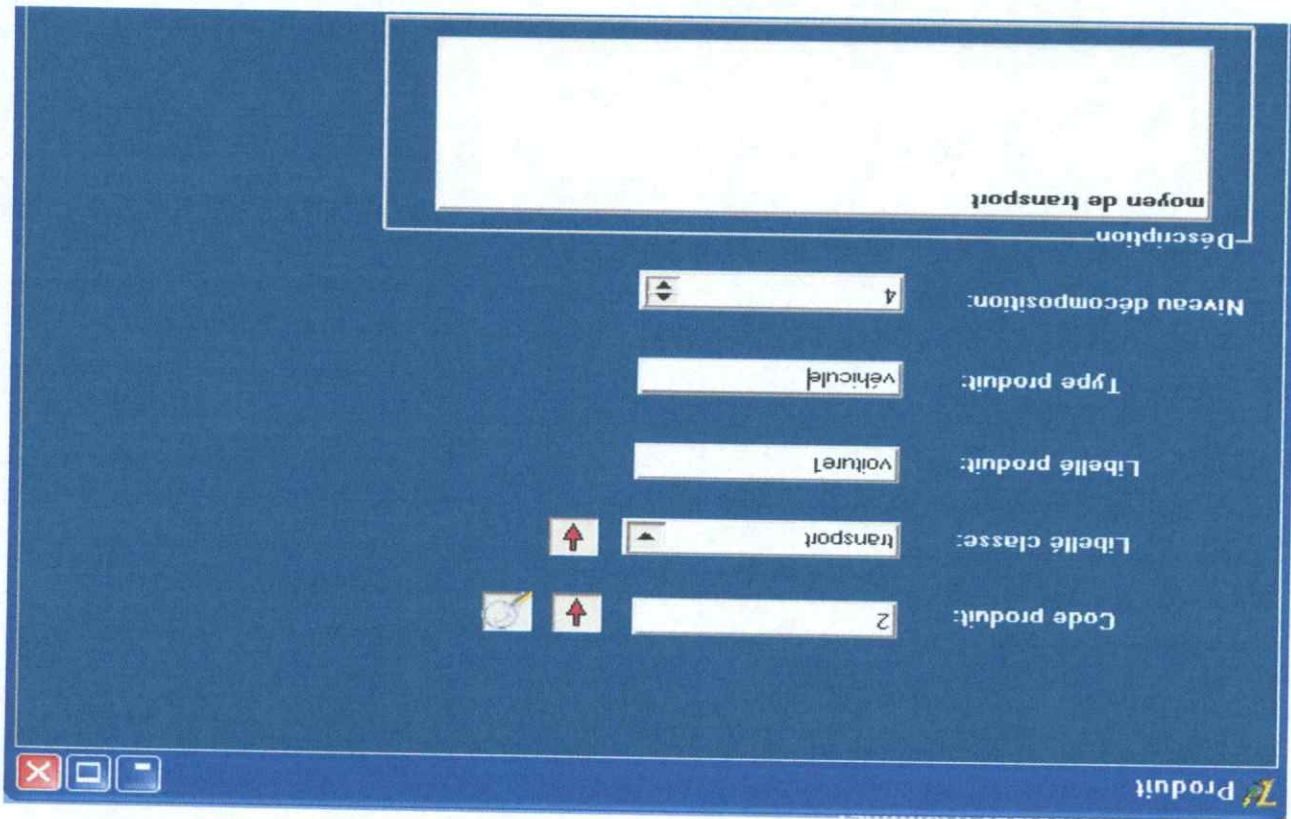
Le sous schéma solution technique inventaire est relié avec le sous schéma évaluation impacts par la relation contribuer qui sert à savoir toutes les substances qui contribuent aux catégories d'impacts par rapport à un modèle d'évaluation.

- *Un processus fera objet d'une ou plusieurs études.*
- Une étude concerne un ou plusieurs processus (étude complète, ou partielle).

Règle de gestion :

Description : Correspond à un lien entre l'étude et les processus pour savoir à un moment donné tous les processus qui font objets d'une étude.

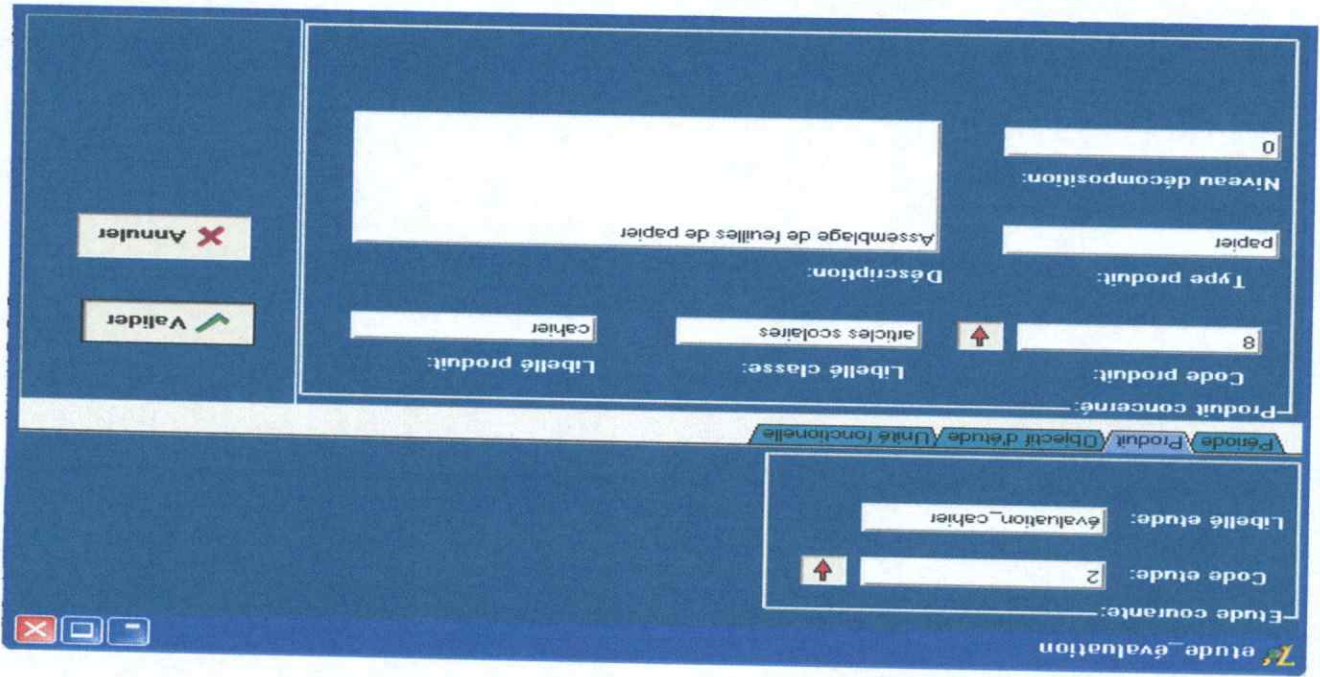
*Partie IV*  
*Réalisation*



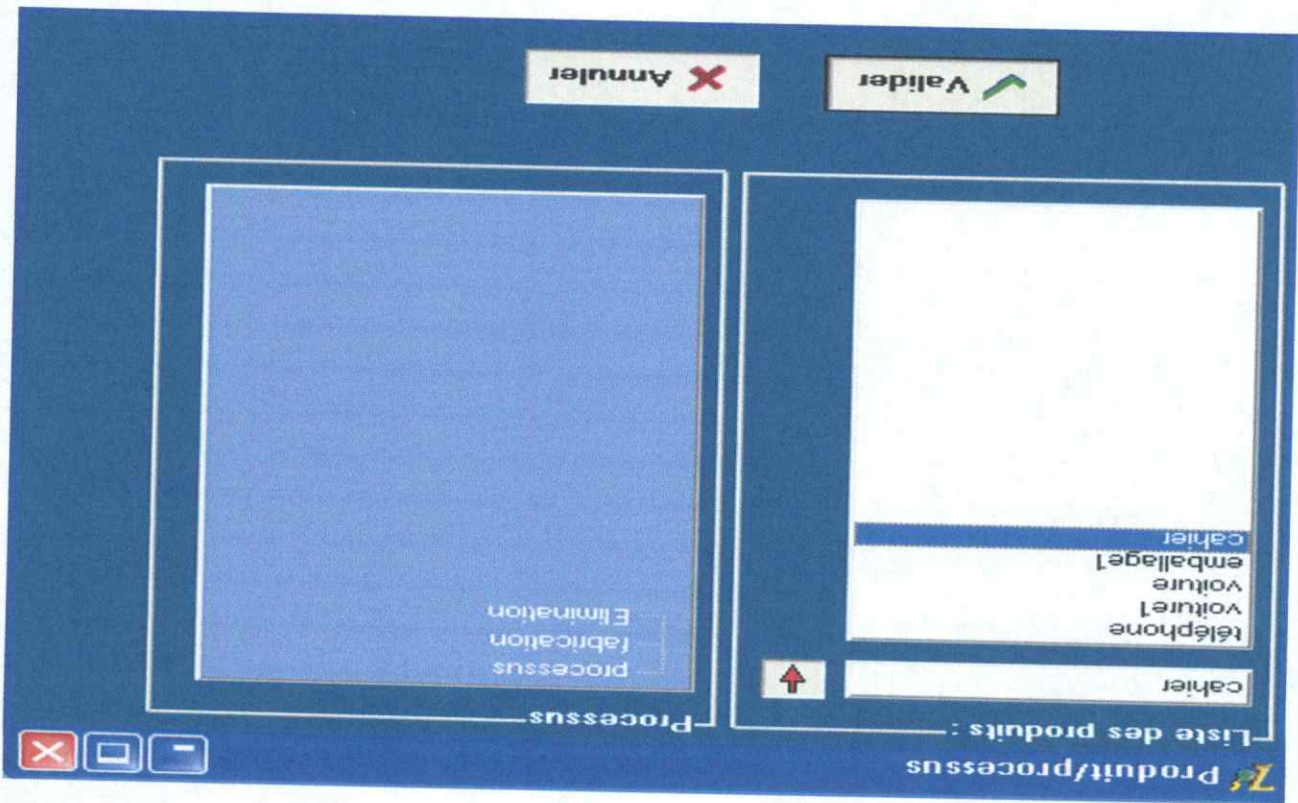
**I. Outils de développement :**  
 Cette partie couvre tout ce qui concerne le codage, c'est à dire la réalisation, à partir de la conception, d'un ensemble de programme ou de composants de programmes. Pour cela, nous avons choisi DELPHI 7 BORLAND, il s'agit d'un des outils les plus rapides et les plus faciles à utiliser pour réaliser des applications Microsoft Windows®. En effet, DELPHI 7 offre une gamme complète d'outils qui simplifient et accélèrent le développement d'applications.

Comme résultat, nous présentons les principales interfaces de l'outils ; ( les images à intégrer).

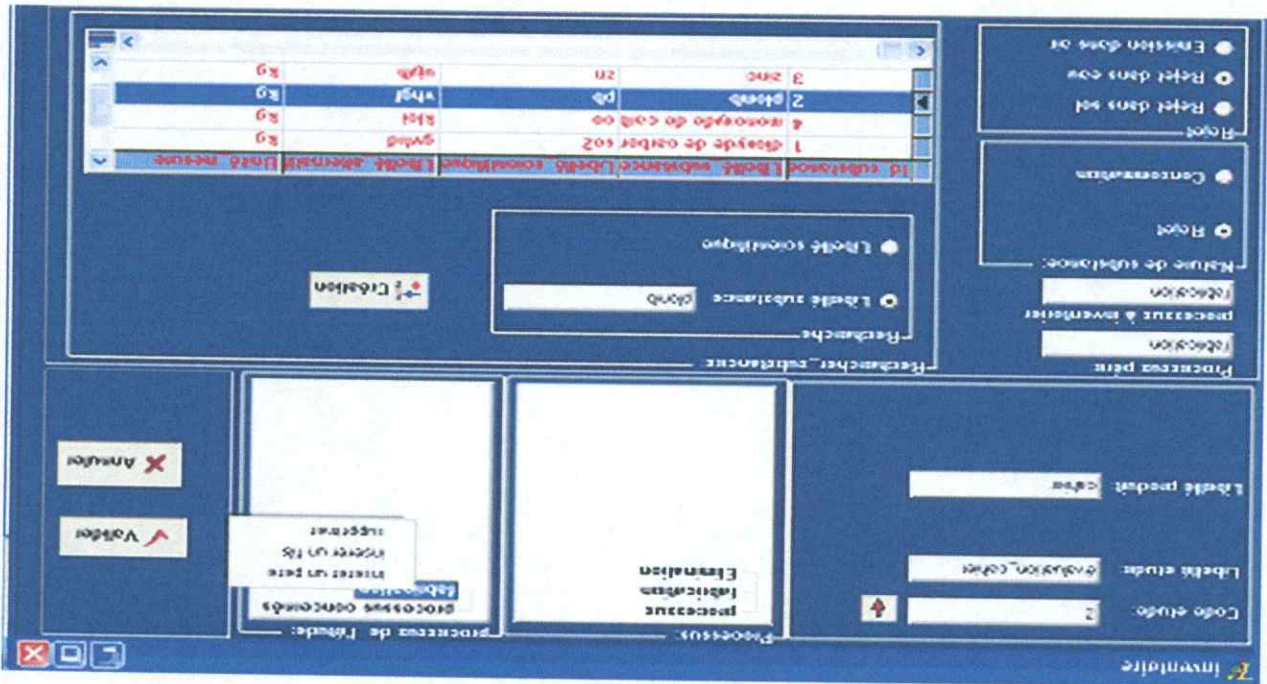
**Produit:** cette fenêtre permet à l'utilisateur de créer un nouveau produit, consulter, modifier et supprimer des produits déjà existant dans la base de données.



Objectifs et champ d'étude à traiter (le cas d'une évaluation) :  
 Les informations concernant l'étude à traiter tel que le produit concerné, l'objectif d'étude, la période et l'unité fonctionnelle.



Arbre des processus entrant dans le cycle de vie d'un produit :  
 Spécification des différents processus contribuant dans le cycle de vie d'un produit.

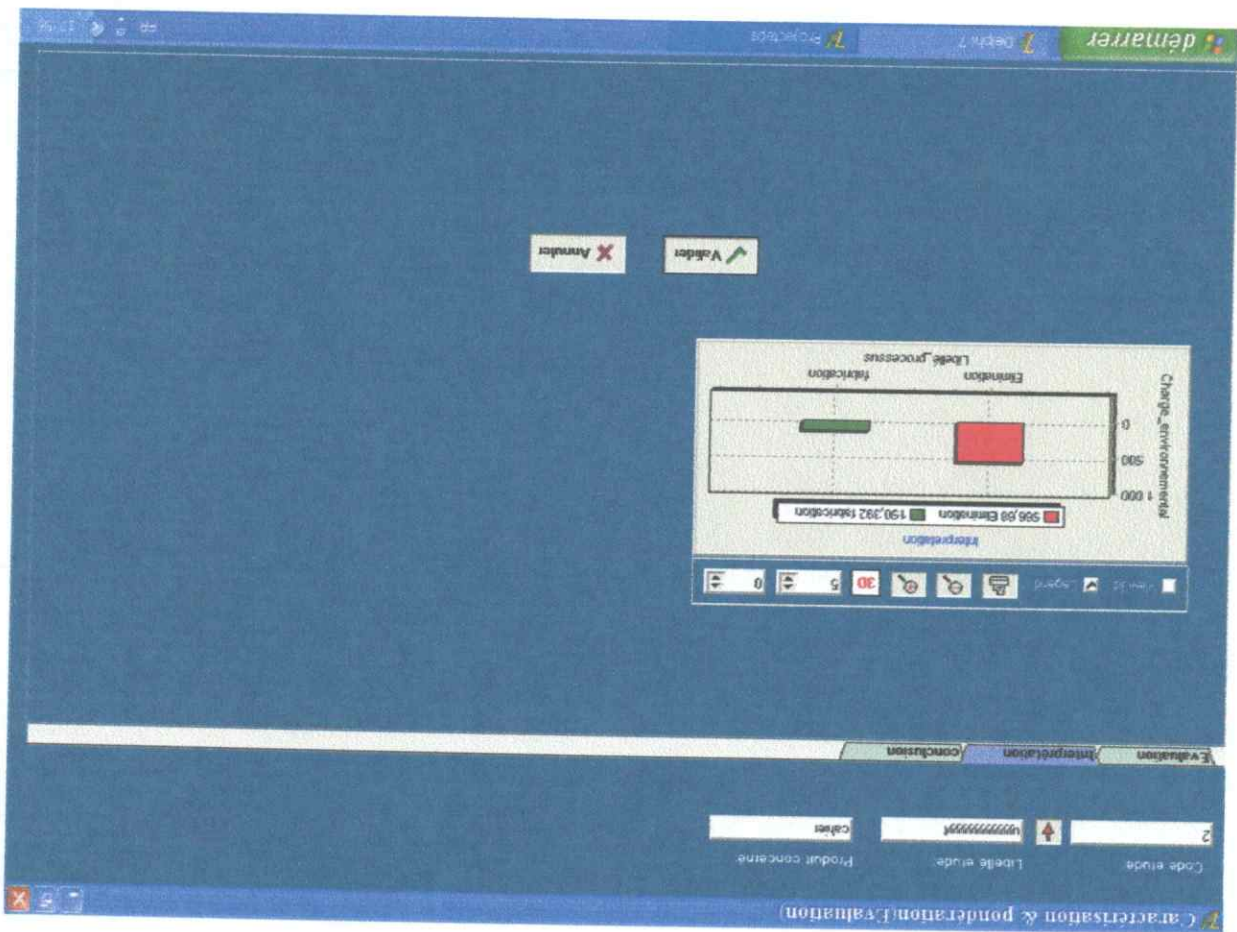


**Inventaire des données :** Spécifie les frontières du système étudié en précisant les différents processus concernés par l'étude courante ainsi que les substances (rejetées et consommées) pour chaque processus.



**Exigences relatifs à la qualité des données :** Cette fenêtre définit les exigences correspondant aux contraintes temporelle, géographique et technologique. Les contraintes relatives à une étude donnée sont alors choisies.

**Conclusion :**  
 Cette outil permet de réaliser une évaluation des impacts environnementaux résultant du cycle des produits, par la méthode d'analyse de cycle de vie ACV en utilisant le modèle EPS.  
 Cette outil peut être amélioré par l'intégration de d'autres modèles d'évaluation d'impacts environnementaux tel que (CML, Eco-Indicateur, Eco-point ...)



**Evaluation de la charge environnementale :** Cette interface permet la représentation l'évaluation et la représentation des résultats dans un format textuel et graphique.

*Conclusion générale*

*Partie V*



### **Conclusion Générale :**

Dans ce travail, nous avons essayé de concevoir et de réaliser un outil support à la méthode ACV telle qu'elle est normalisée par la série de normes ISO 14040-43, pour cela nous avons commencé par une étude bibliographique qui nous permis de mieux comprendre les problèmes environnementaux qui sont causée par les produit pondant sont cycle de vie, et une étude détaillée de la méthode ACV ainsi la méthode dévaluation d'impact EPS, qui sera essentiel pour la phase de conception. Nous avons aussi développée un logiciel qui gère les différent impacts environnementaux, inventaire d'un produit et l'interprétation d'un produit donné y compris ses processus de cycle de vie, les ressources manipulées et nécessaires.

L'outil réalisé va permettre de :

- Améliorer les décisions à prendre afin de minimiser les impacts écologique d'un produit .
- Améliorer la conception des produits et faire-part aux idées nouvelles .
- Favorise un style de gestion actif, dynamique et préventif permettant de mieux cerner et encadrer les impacts environnementaux liés à un produit au lieu de se trouver face à des accidents écologiques graves.

A la fin de ce document nous espérons que notre travail, même s'il reste perfectible a Répandu aux besoins exprimés de l'étude.

Il peut être néanmoins enrichi par :

- L'intégration du volet gestion des coûts afin d'évaluer le coût de chaque solution en parallèle avec le volet environnement.
- Développement de la base de données , pour une contribution efficace dans l'élaboration des solution technique.
- La prise en compte de l'aspect organisationnel et la qualité de la communication au sein de l'entreprise peut améliorer l'efficacité des décisions à prendre pour une analyse environnemental.



*Annexe*



## La série ISO 14000 de normes internationales

### I. Introduction :

La normalisation ou les standards sont des agreements documentés contenant des spécifications techniques ou autres critiques précises d'être utilisés comme des règles, des guides, ou des définitions de caractéristiques, pour assurer que le matériel, les produits, les processus et les services sont adaptés à leur objectif.

Par exemple, le format des cartes crédit et des cartes téléphoniques est dérivé d'un standard international ISO. Adhérer au standard, qui définit des caractéristiques (épaisseur = 0.76mm), signifie que les cartes peuvent être utilisées dans tous les pays du monde.

Les standards internationaux facilitent la vie, et augmentent la fiabilité et l'efficacité des biens et des services utilisés.

### II. Organisation internationale de Standardisation (ISO) :

Basé à Genève en Suisse, l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) est une organisation internationale spécialisée comportant des membres de 111 pays. ISO a été créée en 1946 afin de développer, commercialiser les standards de communication.

La participation au développement des standards ISO varie d'un pays à un autre. La majorité des pays sont représentés par un membre du gouvernement ou du quasi-gouvernement. Par exemple, ANSI (American National Standards Institute) est le membre Américain à ISO.

Le but de la création des standards ISO est de faciliter l'échange de biens et de services. Tous les standards développés par ISO sont adoptés volontairement par les pays membres.

Les groupes consultatifs techniques de pays membres (TAGS) fournissent une proposition au comité technique comme un élément du processus de développement des standards. ISO reçoit cet élément des gouvernements, des organismes industriels et d'autres parties intéressées avant l'émission du standard. Après que la maquette du standard est votée par tous les pays membres, il sera

publié comme étant un standard international. Chaque nation peut adopter une version du standard comme un standard national.

La série ISO 14000 est le premier jeu de normes génériques élaborées par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et dont la structure est axée sur la gestion des incidences environnementales.

Les normes environnementales ISO 14000 offrent un cadre de gestion, de mesure, d'évaluation et d'audit reconnu partout dans le monde. Au lieu de prescrire des objectifs en matière de performance environnementale, elles représentent pour les organismes un moyen d'évaluer et de maîtriser l'impact sur l'environnement de leurs activités, produits et services. L'ISO a donné à ces normes assez de flexibilité pour qu'elles puissent être appliquées par toutes les organisations, quels qu'en soient la taille et le domaine d'activité. Les normes ISO 14000 traitent :

- Des systèmes de management environnemental;
- De l'audit environnemental;
- Des étiquettes et des déclarations environnementales;
- De l'évaluation de la performance environnementale;
- De l'analyse du cycle de vie.

### **III. ISO 14040-43**

La présente norme internationale spécifie le cadre et les principes généraux ainsi que les exigences générales pour la réalisation d'analyses du cycle de vie et la communication sur ces études. La présente norme internationale ne décrit pas dans le détail la technique du cycle de vie.

#### **ISO14040:1997**

**Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre**

**Domaine d'application :** La présente Norme internationale spécifie le cadre et les principes généraux ainsi que les exigences générales pour la réalisation d'analyses du cycle de vie et la communication sur ces études. La présente Norme internationale ne décrit pas dans le détail la technique d'analyse du cycle de vie.

#### **ISO14041:1998**

**Définition de l'objectif et du champ d'étude et analyse de l'inventaire**

**Domaine d'application :** La présente norme internationale décrit, à l'appui de la norme ISO 14040, les exigences et les modes opératoires nécessaires pour

compiler et préparer la définition de l'objectif et du champ d'une analyse du cycle de vie, par la réalisation, l'interprétation et la communication d'un inventaire du cycle de vie.

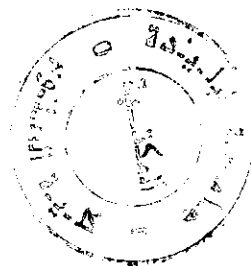
### **ISO14042-43:2000**

#### **Analyse de l'inventaire & Evaluation de l'impact- Interprétation des résultats**

#### **Les avantages d'ISO 14000 :**

Une compagnie dotée qui suit les normes ISO 14000 possède les outils nécessaires pour maîtriser et améliorer son impact sur l'environnement. Elle peut ainsi :

- prouver concrètement à ses clients son engagement en matière de management environnemental;
- maintenir de bonnes relations publiques;
- satisfaire aux critères de ses investisseurs et améliorer l'accès au capital;
- acquérir une police d'assurance à un prix raisonnable;
- rehausser son image et accroître sa part du marché;
- répondre aux exigences de la clientèle en matière d'enregistrement;
- mieux contrôler les coûts;
- réduire le nombre d'incidents ayant pour conséquence l'obligation de réparer;
- prouver qu'elle use d'une prudence raisonnable;
- réduire sa consommation de matériaux et d'énergie;
- obtenir les permis et les autorisations nécessaires;
- réduire les dépenses liées à la conformité aux règlements sur l'environnement;
- trouver des solutions écologiques et les communiquer à d'autres entreprises;
- améliorer les relations entre l'industrie et le gouvernement.



*Bibliographie*

## Bibliographie :

<b>[ADEME 00]</b>	ADEME, ( L' Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie); Analyse du cycle de vie des caisses en bois, carton ondulé et plastique pour pommes Octobre 2000. ARTICLE <a href="http://www.ademe.fr/htdocs/actualite/dossier/pdf/acvs.pdf">www.ademe.fr/htdocs/actualite/dossier/pdf/acvs.pdf</a>
<b>[Berenson 67]</b>	Berenson C., « The purchasing executive's adaptation to the product life cycle », <i>Journal of purchasing</i> N°3, 1967.
<b>[Bruce 98]</b>	Bruce. A Kusko «Analyse de cycle de vie, réalisation de l'inventaire » ARTICLE 98
<b>[Dean 50]</b>	Dean J., « Pricing policies for new products », <i>Harvard Business Review</i> , Nov.,Dec. 1950.
<b>[DECIDE 98]</b>	DECIDE PROJECT, faisant partie du projet européen ESPRIT (n°22298, achevé en 1998). <a href="http://www.biba.uni-bremen.de/projects/decide/index.html">http://www.biba.uni-bremen.de/projects/decide/index.html</a>
<b>[EEA 97]</b>	European Environment Agency Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information sources 1997 <a href="http://www.getf.org/file/toolmanager/O16F34323.pdf">http://www.getf.org/file/toolmanager/O16F34323.pdf</a>
<b>[Gauvin]</b>	Sophie Gauvin, M Env. Yves Lépine, M Env. Groupe DGE International, Sherbrooke, « Qu'est-ce que la gestion environnementale ? »  <a href="http://www.caoutchouc.qc.ca/private/01.esp">http://www.caoutchouc.qc.ca/private/01.esp</a>
<b>[Guinée 02]</b>	Jeroen B. Guinée Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards (Centre of Environmental Science, Leiden University, The Netherlands) 2002 <a href="http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/projects/lca2/lca2.html">http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/ssp/projects/lca2/lca2.html</a>
<b>[ISO 8402]</b>	ISO 8402, « Norme ISO 8402 : Management de la qualité et assurance de la qualité », ISO, 1994.
<b>[ISO 14001]</b>	International Standards Organization ISO 14001 – Environmental Management – Environmental Management system – 1996.
<b>[ISO 14040 ]</b>	International Standards Organization ISO 14040 - Life Cycle Assessment - Principles and Framework 1997.
<b>[ISO 14041 ]</b>	International Standards Organization ISO 14041 - Life Cycle Assessment - Goal and Scope Definition and Inventory Analysis. 1998.

<b>[ISO 14042]</b>	International Standards Organization ISO 14042 - Life Cycle Assessment - Life Cycle Impact Assessment 2000.
<b>[ISO 14043]</b>	International Standards Organization ISO 14043 - Life Cycle Assessment - Life Cycle Interpretation 2001.
<b>[Karlson 02]</b>	Lennart Karlson Life Cycle Assessment (LCA) - a Sustainable Management Tool? A dissertation submitted to the Royal Institute of Technology, KTH, in partial fulfilment of the degree of Licentiate of Technology Royal Institute of Technology, KTH Department of Industrial Economics and Management SE-100 44 Stockholm Sweden Stockholm 2002 . <a href="http://130.237.51.248/csm/articles-published/kar-lic-lda-0205.pdf">http://130.237.51.248/csm/articles-published/kar-lic-lda-0205.pdf</a>
<b>[Keoleian 95]</b>	Keoleian G., « Life Cycle Design Framework and demonstration project : Profiles of AT &T and Allied Signal », EPA (USA) 1995.
<b>[Kotler 02]</b>	Kotler P., « Marketing Management », Edition Hardcover, 2002.
<b>[Labouze 95]</b>	E. Labouze, La comptabilité de l'environnement , Paris : Revue française de comptabilité, , n°272. Novembre 1995
<b>[Mickwitz 59]</b>	Mickwitz G., « Marketing and competition », Helsingfors (Finlande), 1959.
<b>[NF X 50-150]</b>	NF X 50-150, « Norme AFNOR X50-105 : le management de projet : concepts », AFNOR,1991.
<b>[Personne 98]</b>	Marion PERSONNE Contribution à la méthodologie d'intégration de l'environnement dans les PME-PMI [On-line] Thèse : INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON, 1998 <a href="http://osidoc.insa-lyon.fr/these/1998/personne/index.html">http://osidoc.insa-lyon.fr/these/1998/personne/index.html</a>
<b>[Quirion ]</b>	Pierre Quirion 199X. Lexique des Science biologique. Coop comptoir Sciences et faculté des sciences et de genie de l'université Laval .
<b>[Rousseaux 93]</b>	Patrick Rousseaux, Evaluation Comparative de l'Impact Environnemental Global (ECIEG) du cycle de vie des produits, thèse de doctorat en "Gestion et Traitement des Déchets", Villeurbanne : INSA de Lyon, mai 1993.



<b>[SAIC 00]</b>	Science Applications International Corporation Environmental Decision-Making (FRED): Using Life Cycle Assessment to Evaluate Preferability of Products Framework for Responsible, United States Prime Contract Number: 68-C6-0027 March 2000. <a href="http://www.lcacenter.org/library/pdf/fred.pdf">http://www.lcacenter.org/library/pdf/fred.pdf</a>
<b>[Steen.B]</b>	Beng. Steen. Asystematic Approach to Environmental Priority, Strategies in Product Development (EPS), version 2000. General System Characteristics. CPM Chalmers University of Technology. CPM Report 1998. <a href="http://WWW.cpm.chalmers.se">Http://WWW.cpm.chalmers.se.</a>
<b>[william 98]</b>	William E. Franklin «Analyse de cycle de vie, réalisation de l'inventaire » ARTICLE 98

