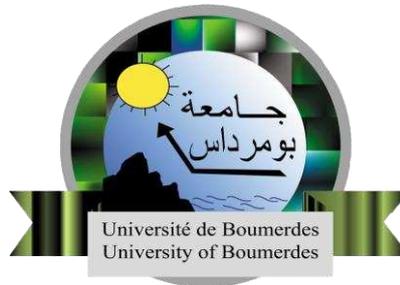


RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ M'HAMMED BOUGARA DE BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master
option Génie de l'Environnement

Thème :

**L'apport de l'Analyse de Cycle de Vie dans une
stratégie de Développement Durable (Performances et
Contraintes)**

Réaliser par :

BELHASSANI Tinhinan
SALEM Hynd Amina

Sous la direction de : Dr. M.Bouregghda Mohamed

Membres du jury:

Dr. Aksas Hamouche (Maître de conférences A)
Dr. M.Bouregghda Mohamed (Maître de conférences A)
Pr. Louhab Krim (Professeur)

2019/2020

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes celles et ceux qui ont participé de près ou de loin à nous soutenir tout au long de notre cursus universitaire. Un remerciement particulier à Mr M.Bouregghda Mohamed qui a accepté d'être notre promoteur et nous guider au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nos sincères remerciements à tous les enseignants et le personnel technique et administratif de l'UMBB, en particulier ceux du département de génie des procédés et tous les étudiants de la promotion.

Bien évidemment nous remercions nos chers parents, nos frères et sœurs et tous nos amis pour le soutien et l'encouragement apportés durant nos études.

Résumé

Le développement durable, apparu en 1987, est un concept de plus en plus répandu dont l'objectif est de permettre le développement économique et social dans le respect des limites de la planète. En revanche, Il existe des divergences vis-à-vis de sa mise en œuvre qui sont dues à l'ambiguïté de sa définition et des conflits d'intérêt opposant économie et écologie.

Afin de mettre en œuvre le développement durable, il est nécessaire d'évaluer de manière précise les impacts environnementaux des produits dès leur conception. Dans ce domaine, l'analyse de cycle de vie (ACV) se présente comme une méthode de premier choix. C'est une méthode standardisée d'évaluation des impacts environnementaux d'un produit qui est définie par les référentiels ISO 14040 et ISO 14044. Cependant, sa mise en œuvre au niveau pratique s'avère particulièrement fastidieuse. Notamment à cause de la complexité de sa méthodologie.

Dans ce mémoire, on s'intéresse aux spécificités du développement durable ainsi que l'applicabilité et les différents avantages et limites que présente l'ACV qui, malgré la complexité de sa méthodologie, tend à se démocratiser au sein des entreprises.

Abstract

Sustainable development is an increasingly widespread concept. Its objective is to promote economic and social development within the limits of the planet. However, there are divergences regarding its implementation which are due to the ambiguity of its definition and the conflicts of interest between economy and ecology.

In order to implement sustainable development, it is necessary to accurately assess the environmental impacts of products from their conception. In this area, life cycle analysis (LCA) is presented as a method of first choice. It is a standardized method of assessing the environmental impacts of a product which is defined by the ISO 14040 and ISO 14044 standards. However, its implementation is particularly tedious due to the complexity of its methodology.

In this thesis, we are interested in the specificities of sustainable development as well as the applicability and the various advantages and limitations of LCA which, despite the complexity of its method, is gaining popularity within companies.

ملخص

التنمية المستدامة ، التي ظهرت في عام 1987 ، هي مفهوم واسع الانتشار يهدف إلى تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية مع احترام الحدود البيئية. ولكن، هناك اختلافات فيما يتعلق بتنفيذه ناتجة عن غموض تعريفه وتضارب بين المصالح الاقتصادية والبيئية

من أجل تنفيذ التنمية المستدامة ، من الضروري إجراء تقييم دقيق للأثار البيئية للمنتجات منذ إنشائها. في هذا المجال ، يعد تحليل دورة الحياة طريقة الاختيار الأول. إنها طريقة موحدة لتقييم الأثار البيئية للمنتج تم تحديدها بمعايير ISO 14040 و ISO 14044. ومع ذلك، فإن تنفيذه على المستوى العملي صعب بسبب تعقيد منهجيته .

اهتمامنا في هذه الأطروحة يتعلق بخصائص التنمية المستدامة بالإضافة إلى قابلية التطبيق والمزايا والعيوب المختلفة لتحليل دورة الحياة الذي ، على الرغم من تعقيد منهجيته ، يستخدم على نطاق واسع من قبل الشركات

Table des matières

Introduction	1
Problématique.....	3
Structure et contenu du mémoire.....	4
Chapitre I : Protection de l'Environnement	5
1. Aperçu historique.....	5
1.1 Greenpeace (1971).....	7
1.2 Rapport Meadows (1972).....	7
1.3 Conférence de Stockholm (5-16 juin 1972)	8
1.4 Rapport de Brundtland (1987).....	9
1.5 Conférence de Rio de Janeiro (3-14 juin 1992).....	10
1.6 COP3 : Protocole de Kyoto (Décembre 1997)	11
1.7 Conférence de Johannesburg (26 août-4 septembre 2002)	11
1.8 Conférence de Rio+20 (20-22 juin 2012)	12
1.9 COP21 : Accord de Paris (30 novembre - 12 décembre 2015)	13
2. Décalage entre attitudes et comportements en matière de protection de l'environnement ...	13
2.1 Conscience environnementale et sensibilité environnementale	14
Chapitre II : Le Développement Durable	15
1. Définition	15
2. L'ambiguïté du Développement Durable.....	15
3. Les trois piliers du Développement Durable.....	19
3.1 Pilier économique	19
3.2 Pilier social	20
3.3 Pilier environnemental	20
4. Les concepts de « besoin » et de « limitation ».....	20
5. Le principe d'équité dans le développement durable	21
6. La hiérarchisation des trois piliers	21
7. La notion de durabilité dans le développement durable	23
7.1 La durabilité très faible	23
7.2 La durabilité faible	23
7.3 La durabilité forte	23
7.4 La durabilité très forte.....	24
8. La stratégie du développement durable	25
9. Les indicateurs du développement durable	26
9.1 Les indicateurs de base du développement durable.....	26

9.2 Les indicateurs composites de développement durable	27
10. Le développement durable et la démondialisation	29
10.1 Le problème des externalités	30
10.2 Le développement durable face à la mondialisation	31
10.3 Les enjeux globaux du développement durable.....	32
10.4 Subsidiarité de l'action en matière de développement durable	32
11. Le rôle des ONG dans le développement durable	33
11.1 Les ONG, créatrices et porteuses de la notion de développement durable	33
11.2 Après-Rio : l'institutionnalisation des ONG	34
11.3 La crise d'identité des ONG.....	35
11.4 Quelle légitimité pour les ONG ?	35
Chapitre III : Norme ISO 14001 et son rapport à l'entreprise	37
1.Évolution de l'attitude des entreprise vis-à-vis de la protection de l'environnement	37
2. Présentation de l'ISO et de la famille ISO 14000	38
2.1 Origine.....	38
2.2 Compatibilité	38
2.3 Une participation mondiale	39
2.4 Domaine des travaux de l'ISO/TC 207.....	39
2.5 Normes adoptées.....	39
3. Les défis de la mise en œuvre de l'ISO 14001	41
3.1 Contraintes budgétaires	41
3.2 Disparité des certifications à travers les pays	41
3.3 Incompatibilités culturelles et organisationnelles.....	42
4. Les attentes face à la norme	42
5. Les paradoxes de l'intégration de la norme	43
5.1 Intégration rituelle.....	44
5.2 Intégration mobilisatrice	44
5.3 Intégration proactive	44
5.4 Intégration réactive	45
6. Conclusion.....	45
Chapitre IV : Analyse de Cycle Vie	47
1. Historique	47
2. Définition	49
3. Principe..	50
4. Normes ISO 14040 – 14043.....	51
5. Méthodologie.....	51

5.1 Phase 1 : La définition du champ et des objectifs de l'étude	52
5.2 Phase 2 : L'inventaire du cycle de vie (ICV)	57
5.3 Phase 3 : L'évaluation des impacts	64
5.4 Phase 4 : L'interprétation	67
Chapitre V : Applicabilité, avantages et limites de l'ACV	70
Introduction	70
1. Les avantages de l'ACV	70
2. La critique de l'ACV	71
3. L'analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS)	73
4. La méthode Eco-Indicator 99	75
4.1 Les aspects méthodologiques	76
4.2 Les avantages	77
4.3 Les inconvénients	78
5. L'ACV sociale comme outil du développement durable	78
5.1 Nécessité de la prise en compte des impacts sociaux	79
5.2 Le social dans l'ACV	80
5.3 Proposition	81
5.4 Les usages de l'ACV sociale	82
5.5 Les limites de l'ACV sociale	82
6. L'analyse de cycle de vie de coût	83
6.1 L'analyse de cycle de vie de coût (ACVC)	84
6.2 La compatibilité par activité (ABC)	84
6.3 Intérêt de la méthode ACVC-ABC	84
7. Application de l'analyse multicritère à l'ACV	85
7.1 Présentation de l'analyse multicritère d'aide à la décision	85
7.2 Application à l'ACV	86
8. Intégration des paramètres spatio-temporels dans l'ACV	89
8.1 L'approche « Site Dependent »	89
8.2 Les limites de cette nouvelle approche	93
9. L'ACV appliquée au secteur de la construction	93
9.1 Avantages de l'application de l'ACV dans le bâtiment	93
9.2 État de l'art de l'application de l'ACV dans le bâtiment	94
9.3 Les barrières face à l'application de l'ACV dans le bâtiment	95
9.4 Quelques solutions	95
10. Les utilisations de l'ACV	96
11. Coût et durée d'une ACV	98

12. Exemple pratique : ACV appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées	98
12.1 Description de l'usine d'épuration.....	99
12.2 Unité fonctionnelle.....	100
12.3 Frontières du système étudié	100
12.4 Logiciel et méthodes	101
12.5 Impacts évalués.....	101
12.6 Particularités méthodologiques de l'ACV en traitement des eaux	101
12.7 Synthèse des résultats.....	104
Conclusion	106

Liste des tableaux

Tableau 1 : Premières conventions environnementales internationales.	5
Tableau 2 : Les différentes visions du développement durable. (A. Dobson, 1996).....	17
Tableau 3 : Les différentes conceptions du développement durable. (Theys, 2010)	18
Tableau 4 : Les facettes du développement durable.	22
Tableau 5 : Les différentes approches de la durabilité.	24
Tableau 6 : Outils matriciels et phases de l'ACV pour la réalisation d'une ACVS. (Lewis & Gerisakis, 2001).....	74
Tableau 7 : Avantages et inconvénients de l'ACVS. (Graedel, 1998)	75
Tableau 8 : Variables pour l'évaluation des impacts sociaux	79
Tableau 9 : Les utilisations de l'ACV	97

Liste des figures

Figure 1 : Quelques grandes catastrophes technologiques depuis le XX ^e siècle.....	6
Figure 2 : Les trois piliers du Développement Durable.	19
Figure 3 : Développement durable: les cercles concentriques.	22
Figure 4 : Échelle de durabilité.....	25
Figure 5 : Historique de l'ACV	49
Figure 6 : Phases de vie d'un produit.....	49
Figure 7 : Cadre méthodologique de l'ACV	52
Figure 8 : Schéma de frontières d'un système (ISO 14040, 2006).....	55
Figure 9 : Procédure de calcul de l'inventaire.....	57
Figure 10 : Exemple de processus élémentaire - laminage de la tôle d'acier.	58
Figure 11 : Résolution d'un problème d'affectation par un élargissement de frontière	62
Figure 12 : Cascades d'effets : émission du dioxyde de soufre (Roux 2009)	64
Figure 13 : Exemple pur l'impact Acidification.....	67
Figure 14 : Le continuum de l'ACV et l'ACVS.....	73
Figure 15 : Schématisation simplifiée de la méthode Eco-Indicator 95 (Goedkoop & Spriensma, 2000).	76
Figure 16 : Schématisation simplifiée de o méthode Eco-Indicator 99. (Goedkoop & Spriensma, 2000)	77
Figure 17 : Méthode comptable d'ACVC basée sur l'ABC.....	85
Figure 18 : Identification des paramètres spatio-temporels à chacun des maillons de la chaîne cause à effet d'un impact.....	90
Figure 19 : Courbes dose/effet selon les approches Site Generic et Site Dependent (Potting & Hauschild, 1997).....	91
Figure 20 : Synoptique de l'approche Site Dependent	92
Figure 21 : Schéma de la station d'épuration	100
Figure 22 : Représentation des deux cycles de vie pour une STEP.....	102

Introduction

L'avènement de la révolution industrielle du XVIII^e siècle a profondément transformé l'organisation de la société humaine sur tous les niveaux (politique, économique et social). Elle marque le passage d'une société agricole à une société de production mécanisée de biens non alimentaires. Ce changement s'accompagne du regroupement de la main d'œuvre et d'une accélération de l'urbanisation. Les formidables richesses importées principalement d'Amérique au cours du XVIII^e siècle vont venir nourrir et fortifier le capitalisme européen, et le doter de ressources considérables, entraînant un développement rapide de la société européenne.¹

Ce passage a permis une importante croissance économique et une industrialisation de masse qui ont apporté richesse et prospérité et ont nettement amélioré les conditions de vie de l'homme par rapport au Moyen-âge.

En revanche, ce développement n'est pas sans conséquences, la plus importante étant son impact sur l'environnement. En effet, avant la révolution industrielle, l'impact de l'homme sur la nature était marginal et l'équilibre de cette dernière n'était pas bouleversé. À partir du XVIII^e siècle, l'activité industrielle a pris une telle ampleur en matière de pollution que ses effets ont jusqu'à ce jour de lourdes conséquences sur l'environnement.

Dans une étude effectuée par le Comité Scientifique sur les Problèmes de l'Environnement (SCOPE) du Conseil International sur la Science (ICSU), 200 scientifiques provenant de 50 pays différents ont identifié les problèmes environnementaux susceptibles de constituer les enjeux majeurs du XXI^e siècle. Parmi eux figurent notamment les changements climatiques, la pollution de l'eau, la biodiversité, la déforestation, la désertification et l'urbanisation.

Les émissions excessives de gaz à effet de serre pourraient provoquer une hausse de 3 à 7 °C de la température moyenne de la Terre d'ici le prochain siècle. Ceci perturbera indubitablement l'ensemble des écosystèmes. Outre les répercussions météorologiques, on craint une hausse du niveau de la mer allant de 10 cm à 1 mètre, ce qui risque d'inonder de vastes régions côtières et d'engloutir plusieurs territoires insulaires, sans compter les perturbations des courants marins susceptibles de déstabiliser la chaîne alimentaire.

Une autre menace globale, mais ayant aussi une dimension et des implications locales ou régionales, est la perte de biodiversité. Alors que le rythme naturel d'extinction des espèces oscille entre une et trois espèces par an, on estime que le rythme actuel est passé à 1 000 espèces par année. 11 % des espèces d'oiseaux sont menacées, parmi lesquels les oiseaux insulaires et les migrateurs sont les plus affectés. Les mammifères font état d'un taux de 25 % d'espèces menacées, dont 11 % sont menacées d'extinction immédiate. La situation des poissons est la plus inquiétante : 34 % des espèces sont menacées d'extinction, dont 13 % d'extinction immédiate. Le principal facteur d'extinction est la perte ou dégradation d'habitat.

¹ Farid Baddache « Le développement durable » ISBN : 978-2-212-54683-5. Éditions Eyrolles, Paris (2010) 208pages. p.21.

Mais l'invasion du territoire par des espèces étrangères introduites par l'homme, la chasse et pêche abusives et enfin les phénomènes de pollution constituent autant de menaces supplémentaires.

Le phénomène de la déforestation est intimement lié à celui de la perte de la biodiversité. Pendant les années 1980, les forêts recouvraient 28 % de la surface émergée ; en 1990, elles n'en couvrent plus que 26 %. Les pays en voie de développement sont les principales victimes de ce déboisement causé par l'industrialisation, la croissance démographique et l'expansion des activités agricoles, ainsi que par le commerce des produits forestiers. Dans les pays industrialisés, le déboisement est surtout attribuable à l'urbanisation, à la pollution atmosphérique, ainsi qu'aux incendies (Denniston, 1997 ; UNEP, 1997).

Paradoxalement, la déforestation favorise tout autant les inondations que la désertification qui touche principalement l'Afrique, et tout particulièrement le Sahel, mais aussi l'Asie et l'Amérique du Sud. Chaque année, six millions d'hectares (soit deux fois la superficie de la Belgique) sont victimes d'une désertification irréversible, tandis que 20 millions d'hectares sont dégradés au point de ne plus être fertiles.

Enfin, alors que la terre ne comptait que 10 % de citadins au début du siècle, ils représentent aujourd'hui 55 % de la population, et devraient atteindre le nombre de 5 milliards d'ici 2025. Cette tendance à l'urbanisation a des conséquences importantes sur l'environnement. Elle est responsable de la stérilisation de dizaines de milliers d'hectares de terre arable chaque année. Elle entraîne aussi des problèmes environnementaux spécifiques tels que le phénomène du smog urbain provoqué notamment par la circulation automobile, le problème des déchets qui accable les villes dont plusieurs ne disposent pas des moyens nécessaires pour les traiter ainsi que le problème de la grande consommation d'eau qui génère d'importantes quantités d'eaux usées.²

En réponse à cette crise mondiale, la notion de Protection de l'Environnement a pris une place prépondérante dans la société moderne, que ce soit au niveau politique international ou social. Le conflit d'intérêts entre développement économique et protection de l'environnement a connu une première apogée au début des années 1970 avec l'émergence au sein de la société civile occidentale d'un mouvement écologiste porteur d'une critique virulente du modèle de développement industriel.

En 1972, Les Nations-Unies ont organisés la Conférence de Stockholm sur l'environnement ou « Sommet de la Terre ». Première étape d'une négociation internationale pour réconcilier les intérêts économiques et écologiques.

En 1987, le rapport de la commission Brundtland intitulé « Notre avenir à tous » (CMED, 1989) popularise l'idée de « Développement Durable », concept hybride qui tente de rapprocher les points de vue divergents. Deux éléments fédérateurs sont essentiellement

² GENDRON, Corinne. « La gestion environnementale et la norme ISO 14001 ». Nouvelle édition [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2004 (généré le 08 juin 2018). 267 pages. p. 7-11. Disponible sur Internet : <https://books.openedition.org/pum/10669>. ISBN : 9791036502484. DOI : 10.4000/books.pum.10669.

retenus : le principe de solidarité intergénérationnelle, et le principe de gestion transversale et équilibrée entre économie, social, et environnement³. Le développement durable s'inspire notamment du concept d'écodéveloppement mis de l'avant lors du Sommet de la Terre qui s'est tenue à Stockholm en 1972.⁴

Cette idée de développement durable s'est d'autant plus concrétisée lors de la conférence des Nations-Unies de Rio en 1992 au travers de la « déclaration de Rio sur l'environnement et le développement » et du programme d'action internationale « Agenda 21 ». Plus de 180 chefs d'État et de gouvernement vont alors s'engager sur un certain nombre de conventions et de textes dans laquelle le concept de développement durable est enrichi de plusieurs principes.⁵

Problématique

Dans le milieu industriel, la recherche de solutions vise à mieux concilier l'activité industrielle et l'environnement. C'est cette préoccupation qui donnera naissance à l'analyse du cycle de vie (ACV) des produits et services. Conçue en effet comme un système global d'évaluation environnementale qui permet de répertorier l'usage des ressources et la production des déchets tout au long du cycle de vie d'un produit, l'ACV est présentée depuis le début des années 2000 comme un outil de développement durable.⁶ Elle se présente comme la méthode la plus prometteuse pour apporter des éléments de réponse à cette question puisqu'elle permet d'évaluer globalement l'impact environnemental d'un produit ou d'un service et de proposer des solutions d'amélioration sans risquer de déplacer le problème.⁷

Afin de mieux cerner le sujet de l'ACV, il est primordial de répondre aux problématiques suivantes :

- L'ACV est-elle un outil efficace pour l'évaluation des impacts dans le cadre du développement durable ?
- Jusqu'à quelle mesure l'ACV est-elle applicable dans différents domaines de l'industrie et des entreprises ?
- Quels sont les principaux avantages et limites de l'ACV ?

³ Aurélien Boutaud « Les agendas 21 locaux : Bilan et perspectives en Europe et en France » Communauté urbaine de Lyon (DPSA) / Décembre 2009. 56 pages. p. 2-3. Disponible en ligne : <https://www.ciridd.org/data/sources/users/2/docs//agenda21.pdf>

⁴ GENDRON, Corinne. « La gestion environnementale et la norme ISO 14001 ». Nouvelle édition [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2004 (généré le 08 juin 2018). 267 pages. p. 14.

⁵ Aurélien Boutaud « Les agendas 21 locaux : Bilan et perspectives en Europe et en France » Communauté urbaine de Lyon (DPSA) / Décembre 2009. 56 pages. p.4. Disponible en ligne : <https://www.ciridd.org/data/sources/users/2/docs//agenda21.pdf>

⁶ Gisèle Belem « L'analyse du cycle de vie comme outil de développement durable » sous la direction de Jean-Pierre Revéret et Corinne Gendron. ISBN 2-923324-29-3. Les cahiers de la Chaire – collection recherche No 08-2005. Bibliothèque nationale du Québec, août 2005. 54 pages. p.4. Disponible en ligne : <http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/docs/pdfCahiersRecherche/08-2005.pdf>

⁷ Meryem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de master spécialité Génie Mécanique sous la direction de Daoud Ait Kadi. 99 pages. Université Laval, Québec, 2020. p. 2. Disponible en Ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

Pour répondre à ces problématiques, nous allons principalement effectuer une recherche bibliographique poussée sur les différentes thèses et ouvrages réalisées à ce sujet. Car malheureusement, en vue de la pandémie du Covid-19 que traverse le monde actuellement, la réalisation d'un stage sur le terrain a été annulée.

Structure et contenu du mémoire

Notre travail va être subdivisé en deux parties

- La première partie portera sur la Protection de l'Environnement où va être détaillée son histoire politique et sociale, le concept du Développement Durable, ses principes et les principales divergences le concernant ainsi que la Norme ISO 14001 et une critique de leur utilité concernant la gestion environnementale.
- La deuxième partie portera sur l'analyse de cycle de vie où l'on va détailler les étapes de réalisation d'une ACV, différents domaines de son application ainsi que les principaux avantages et limites de cet outil.

Chapitre I : Protection de l'Environnement

1. Aperçu historique

Bien que la prise de conscience des enjeux environnementaux globaux n'ait pas eu lieu avant la fin du XX^e siècle, la préoccupation de l'homme pour son environnement immédiat remonte à bien plus longtemps.

Les premières grandes conférences internationales sur les effets de l'activité humaine sur l'environnement, qui remontent à la fin du XIX^e siècle, se concentraient surtout sur la protection de certains aspects environnementaux, plus précisément une espèce particulière.⁸

Tableau 1 : Premières conventions environnementales internationales.

1885	Convention de Berlin sur les saumons du Rhin
1895	Conférence de Paris sur la protection des oiseaux
1900	Conférence de Londres sur la protection des mammifères africains
1902	Conférence internationale de Paris sur la protection des oiseaux
1910	8e congrès international de zoologie à Graz (Autriche). Création d'un comité provisoire chargé d'étudier la question de la protection de la nature dans le monde.
1923	8e congrès international de zoologie à Graz (Autriche). Création d'un comité provisoire chargé d'étudier la question de la protection de la nature dans le monde.

À partir des années 30 sont survenus plusieurs grands accidents industriels qui ont d'autant plus contribué à la prise de conscience concernant la gestion du risque et témoignent de la nécessité de mettre en place des politiques de prévention. La figure ci-dessous représente quelques grandes catastrophes technologiques depuis le XX^e siècle.⁹

⁸ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p. 4. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

⁹<https://www.ineris.fr/fr/risques/est-risque/quelques-grands-accidents-depuis-xxe-siecle>



Figure 1 : Quelques grandes catastrophes technologiques depuis le XX^e siècle.

Ce n'est qu'à partir des années 1970 que la prise de conscience de la problématique environnementale au niveau mondial s'est manifestée, notamment avec l'émergence de mouvements écologistes contestataires dont le plus connu et influent est « Greenpeace ». C'est aussi à cette époque que la première conférence des Nations Unies sur la protection de l'environnement a eu lieu : « La conférence de Stockholm » et que la majorité des états ont créés des ministères chargés de l'environnement.

1.1 Greenpeace (1971)

Greenpeace est née en 1971, lorsqu'un groupe de hippies s'interpose en zodiac au large de Vancouver pour empêcher les essais nucléaires américains. L'action directe est un échec, mais la mobilisation qui suit va contraindre les Etats Unis à renoncer aux essais dans cette zone. La forte couverture médiatique de cette action s'explique par le fait qu'un nombre important de membres du groupe sont eux mêmes journalistes, ou proches des médias. Rapidement, le groupe se structure et adopte l'action directe non-violente associée à une intense médiatisation pour relayer leur message écologiste.

Les années 1970 et 1980 sont, de l'aveu de militants de cette époque, assez « bordéliques ». D'autres campagnes sont menées, notamment contre les baleiniers et les chasseurs de phoques. L'ancien entrepreneur Mac Taggart, qui a rejoint Greenpeace lors de la campagne de 1972 contre les essais nucléaires français à Mururoa, fonde alors la branche internationale de Greenpeace et prend la présidence en 1979. Certains membres historiques de Greenpeace qualifieront cette prise de pouvoir de « putsch »— les conditions de création des bureaux internationaux et le procès sur la propriété du nom « Greenpeace » montrent en tout cas une absence de cohésion à ce moment.

Très vite, le groupe au fonctionnement informel et dont la préoccupation principale est l'action militante va se transformer en appareil associatif.

Greenpeace est ce qu'on appelle une Organisation Non-Gouvernementale (ONG), c'est à dire une organisation à but non lucratif et indépendante qui intervient dans le champ international. Mais c'est surtout un appareil associatif de par sa taille et son fonctionnement. En 2010, l'organisation compte 2,9 millions d'adhérents et emploie 1 200 salariés, pour un budget global de 200 millions d'euros.¹⁰

1.2 Rapport Meadows (1972)

En 1972, le Club de Rome publie un rapport sur « Les limites à la croissance » où des chercheurs du Massachusetts Institute of Technology sous la direction de Dennis Meadows modélisent l'empreinte écologique humaine et les principales interactions du «système Terre» : population, économie, énergie, production agricole et industrielle, etc.

Ce « rapport Meadows » est le premier à établir les conséquences dramatiques qu'aurait une croissance économique et démographique exponentielle sur le long terme dans un monde fini : raréfaction des ressources non renouvelables, épuisement des sols, pollutions aux

¹⁰ Un anarchiste du CRAN « Greenpeace, ou la dépossession des luttes écologistes ». Collectif Radicalement Anti Nucléaire. Caen, 2012. Mise en ligne le 13 septembre 2020. HTML : https://infokiosques.net/lire.php?id_article=1772

conséquences multiples et, pointe déjà, des effets climatiques. Publié peu après les mouvements de contestation de 1968, qui dénonçaient notamment la société de consommation, il est diffusé à seize millions d'exemplaires et devient le bréviaire de nombreux militants écologistes.

L'année suivante, le premier choc pétrolier de 1973 marque la fin des « trente glorieuses » et de la croissance rapide en Occident. Ce travail précurseur a contribué à une prise de conscience non seulement de la fragilité de l'écosystème, mais aussi des « boucles de rétroaction » qui le régissent et du poids des questions démographiques en matière d'environnement.¹¹

1.3 Conférence de Stockholm (5-16 juin 1972)

La Conférence des Nations Unies qui s'est tenue du 5 au 16 juin 1972 à Stockholm avait été le premier diagnostic sur l'environnement dans un cadre international, constituant le premier sommet de la terre.

Cette réunion internationale, dont une des questions centrales est la confrontation entre « développement et environnement », voit essentiellement des oppositions entre le Nord et le Sud, mais aussi entre l'Est et l'Ouest, avec l'absence de l'Union soviétique et d'un certain nombre de pays appartenant au bloc communiste, du fait de la non-reconnaissance officielle de l'Allemagne de l'Est au sein de l'Onu. La priorité donnée au développement est rappelée avec force par les représentants des pays du tiers-monde. Des formules chocs telles que « Notre pollution, c'est la misère » marquent les esprits; une affirmation que l'on retrouvera dans le point 4 du préambule de la Déclaration de Stockholm, quand il est dit:

« Dans les pays en voie de développement, la plupart des problèmes de l'environnement sont causés par le sous-développement [...] En conséquence, les pays en voie de développement doivent orienter leurs efforts vers le développement, en tenant compte de leurs priorités et de la nécessité de préserver et d'améliorer l'environnement. »¹²

Depuis le début des années soixante-dix, c'est ce qu'ont commencé à mettre en œuvre les pays occidentaux à l'intérieur de leurs frontières, à travers la mise en place de la première génération de politiques d'environnement, lesquelles apparaissent comme des compromis passés entre développement économique et protection de l'environnement.

À Stockholm, on n'envisage pas encore d'intégrer ces politiques à des échelles supranationales ou via des conventions internationales. Outre la déclaration finale, un certain nombre de résolutions sont votées - dont une relative aux essais d'armes nucléaires. La décision est prise de créer un organe spécifique au sein de l'Onu en charge des questions d'environnement: le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) voit le jour dans la foulée et est installé à Nairobi, au Kenya. Pendant-ce temps, ainsi que le rappelle Jean-

¹¹ Philippe Descamps « En 1972, l'avertissement du Club de Rome ». Le Monde diplomatique. Disponible en ligne : <https://www.monde-diplomatique.fr/mav/167/DESCAMPS/60401>

¹² Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement, Stockholm, 5-16 juin 1972. Nations Unies, New York, 1973.p.3. Disponible en ligne : <https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/CONF.48/14/Rev.1>

Paul Deléage, on assiste à une mobilisation très importante des organisations non gouvernementales qui, au fil du temps, ne se démentira plus. Au slogan officiel de la conférence -« Une seule Terre» - répond l'appel des ONG : «Un seul peuple ». ¹³

La Conférence a adopté une Déclaration proclamant 26 grands principes, qui doivent être appliqués dans le domaine de l'environnement. Cette Déclaration a matérialisé la prise de conscience par la communauté internationale du danger qui menace l'environnement. C'est suite à cette Conférence, que plusieurs États inscrivent dans leur constitution, ou dans leur législation, le droit à un environnement satisfaisant et l'obligation de protéger cet environnement. ¹⁴

1.4 Rapport de Brundtland (1987)

Afin de répondre à la crise environnementale mondiale, l'Assemblée générale des Nations Unies adopte la résolution 38/161, en 1983, qui permet la création de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement. Cette commission, mandatée par les Nations Unies, a pour objectif de développer « un programme global de changement » dont les trois buts principaux sont de :

- Proposer des stratégies à long terme en matière d'environnement pour assurer un développement durable jusqu'à l'an 2000 et au-delà;
- Recommander des méthodes pour faire en sorte que l'intérêt porté à l'environnement se traduise par une coopération plus étroite entre les pays en développement et entre des pays ayant atteint différents niveaux de développement (...) en tenant compte les relations réciproques entre la population, les ressources, l'environnement et le développement;
- Envisager des moyens permettant à la communauté internationale de faire face plus efficacement aux préoccupations en matière d'environnement.

Après plus de quatre ans d'étude, en 1987, la Commission publie ses résultats dans un rapport intitulé « Notre Avenir à Tous », également connu sous le nom de rapport Brundtland, du nom de Mme Gro Harlem Brundtland, premier ministre norvégien et présidente de la commission. Ce rapporta lancé un avertissement sans précédent face à la détérioration continue de l'environnement mondial et a introduit un nouveau concept de développement, soit le « développement durable » qui remplit les objectifs de la Commission, mais répond également à certaines des critiques faites aux modèles de développement traditionnels. ¹⁵

¹³ Valérie Boisvert, Franck-Dominique Vivien «Chapitre 1. Le développement durable une histoire de controverses économiques In : Le développement durable : enjeux politiques, économiques et sociaux » La Documentation française N° 5226 (Paris, 2006).ISSN 1763-6191. 143 pages. p.26-27. Disponible en ligne : https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-05/010035229.pdf

¹⁴ AROUR Walid, OUDDAK Mohand Larbi « La protection de l'environnement en Droit international et Droit Interne (Bilan et perspectives) ». Mémoire de Master en Droit International Humanitaire Et Droits de l'Homme. Sous la direction du Dr. HASSANI Khaled. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2014. 73 pages. p.7.

¹⁵ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages.p.6-7. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

1.5 Conférence de Rio de Janeiro (3-14 juin 1992)

La Conférence des Nations Unies sur l'environnement (2^{ème} sommet de la Terre), basée sur le rapport de Brundtland, a été organisée à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992 et a réuni 175 états et s'est conclue par :

- **La Déclaration de Rio**

Qui est une série de 27 nouveaux grands principes parmi lesquels les 2 plus importants sont :

- **Principe 1** : Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.
- **Principe 4** : Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.¹⁶

- **L'Agenda 21**

C'est un vaste programme d'action international destiné à mettre en œuvre les principes proclamés dans la Déclaration de Rio dont le but est de concrétiser le développement durable à la fois au niveau des politiques gouvernementales et celle des autorités locales.

- **Les conventions**

Quatre conventions sont négociées durant la Conférence de Rio. Deux sont signées immédiatement, celles qui concernent les évolutions les plus menaçantes pour l'environnement global :

- **La Convention sur le changement climatique** : qui doit permettre de réduire l'émission de gaz à effet de serre ;
- **La Convention sur la diversité biologique** : qui doit mettre en œuvre tout ce qu'il est possible de faire pour maintenir la biodiversité.

Une troisième convention, celle sur la désertification, est ratifiée deux ans plus tard. La quatrième négociation, qui portait sur la protection des forêts, échoue.¹⁷

- Lors de cette conférence, le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) dépose un rapport, *Changer de cap*, où une cinquantaine de dirigeants signataires s'engagent à œuvrer en vue d'un développement durable.¹⁸

¹⁶ Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de Rio de Janeiro 3-14 juin 1992. Nations Unies. New York(1993).p.2-3. Disponible en ligne : [https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/CONF.151/26/Rev.1\(vol.I\)](https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/CONF.151/26/Rev.1(vol.I))

¹⁷ Paul Claval « Le développement durable : stratégies descendantes et stratégies ascendantes » Géographie, économie, société, Vol. 8, n° 4(2006). p 426-427. Disponible en ligne : https://ges.revuesonline.com/gratuit/GES8-4_01-Claval.pdf

¹⁸ GENDRON, Corinne. La gestion environnementale et la norme ISO 14001. Nouvelle édition [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2004 (généré le 08 juin 2018). Disponible sur Internet : <https://books.openedition.org/pum/10669>. ISBN : 9791036502484. DOI : 10.4000/ books.pum.10669.

1.6 COP3 : Protocole de Kyoto (Décembre 1997)

Pour atteindre l'objectif de réduire de moitié l'émission des gaz à effet de serre d'ici la fin du XXI^e siècle, les États se sont réunis à Kyoto en 1997 pour convenir d'un protocole de réduction concertée.

Le Protocole de Kyoto, signé en décembre 1997 et entré en vigueur en 2005, assigne aux pays industrialisés un premier objectif chiffré pour la période 2008-2012. Il s'agit de réduire de 5,5% l'émission des pays industrialisés par rapport aux quantités émises en 1990 (ceci se traduit pour l'Europe par une baisse de 8% d'ici à 2012). Ces chiffres impliquent la nécessité d'importants changements dans le programme énergétique des pays européens pour satisfaire ces objectifs, sans cesser de satisfaire une demande énergétique toujours croissante.

Le Protocole de Kyoto a été ratifié par l'Union européenne et chacun de ses États-membres, ainsi que par l'ensemble des pays industrialisés à l'exception de quelques pays dont l'Australie (qui met néanmoins en place des politiques de maîtrise de ses émissions proportionnées à son engagement chiffré), Monaco et plus notoirement les États-Unis. (De nombreux États américains ont cependant entamé des actions explicites de réduction de leurs émissions, contournant ainsi la politique de l'administration Bush.)¹⁹

1.7 Conférence de Johannesburg (26 août-4 septembre 2002)

La Conférence de Johannesburg, qui s'est déroulée du 26 août au 4 septembre 2002, appelé aussi Rio+10, est par conséquent le troisième Sommet de la Terre. Elle a rassemblé au total plus de 21 000 participants et la quasi-totalité des États de la planète, car on a pu comptabiliser la participation record de 191 États, représentés par 104 chefs d'État ou de gouvernement et plus de 8000 délégués, ainsi que 7000 représentants d'ONG et de 4000 journalistes.

Les négociations ont abouti à l'adoption de deux documents :

- **Une Déclaration politique** qui vise à établir un nouveau pacte mondial (new deal) entre le Nord et le Sud dans la voie du développement durable.
- **Un Plan d'application.**

La mise au point de la Déclaration de Johannesburg a été difficile, en raison de divergences profondes entre les différents groupes d'intérêt sociaux sur la protection de l'environnement, piliers interdépendants et complémentaires du développement durable.²⁰

La déclaration politique et le Plan d'application insistent tous deux sur les trois piliers de ce concept. Ainsi, le paragraphe 5 de la Déclaration politique dit :

¹⁹ Farid Baddache « Le développement durable » ISBN : 978-2-212-54683-5. Éditions Eyrolles, Paris (2010) 208pages. p.59.

²⁰ AROUR Walid, OUDDAK Mohand Larbi « La protection de l'environnement en Droit international et Droit Interne (Bilan et perspectives) ». Mémoire de Master en Droit International Humanitaire Et Droits de l'Homme. Sous la direction du Dr. HASSANI Khaled. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa, 2014. 73 pages. p.11.

« À ce titre, nous assumons notre responsabilité collective, qui est de faire progresser, aux niveaux local, national, régional et mondial, le développement économique, le développement social et la protection de l'environnement, piliers interdépendants et complémentaires du développement durable. »²¹

1.8 Conférence de Rio+20 (20-22 juin 2012)

La Conférence des Nations Unies sur le développement durable, aussi appelée Rio +20 qui s'est déroulée du 26 août au 4 septembre 2012, est par conséquent le 4^{ème} Sommet de la Terre. Elle a abouti à un document contenant des mesures claires et pratiques pour la mise en œuvre d'un développement durable.

Les États membres ont décidé de lancer un processus pour élaborer un ensemble d'objectifs de développement durable (ODD), qui s'appuieront sur les objectifs du Millénaire pour le développement et convergeront avec le programme de développement pour l'après-2015.

La Conférence a également adopté des lignes directrices novatrices sur les politiques d'économie verte et ont mis en place une stratégie de financement du développement durable et les gouvernements ont adopté le cadre décennal de programmes sur les modes de consommation et de production durables.²²

1.9 COP21 : Accord de Paris (30 novembre - 12 décembre 2015)

Lors de la COP21 à Paris, le 12 décembre 2015, les Parties à la CCNUCC (Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatique) sont parvenues à un accord historique pour lutter contre le changement climatique et pour accélérer et intensifier les actions et les investissements nécessaires à un avenir durable à faible intensité de carbone. L'Accord de Paris s'appuie sur la Convention et - pour la première fois - rassemble toutes les nations autour d'une cause commune pour entreprendre des efforts ambitieux afin de combattre le changement climatique et de s'adapter à ses conséquences, avec un soutien accru pour aider les pays en développement à le faire.

L'objectif central de l'Accord de Paris est de renforcer la réponse mondiale à la menace du changement climatique en maintenant l'augmentation de la température mondiale à un niveau bien inférieur à 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre les efforts pour limiter encore d'avantage l'augmentation de la température à 1,5 °C. En outre, l'accord vise à accroître la capacité des pays à faire face aux impacts du changement climatique et à rendre les flux financiers compatibles avec un faible niveau d'émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) et une voie résiliente au climat.

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, une mobilisation et une affectation appropriée de ressources financières, un nouveau cadre technologique et un renforcement des capacités doivent être mis en place, appuyant ainsi l'action des pays en développement et des pays les plus vulnérables, conformément à leurs propres objectifs nationaux. L'Accord prévoit également un cadre de transparence accrue pour l'action et le soutien.

²¹ Déclaration de Johannesburg sur le Développement Durable. Disponible en ligne : <http://www.ielrc.org/content/e0228.pdf>

²² <https://www.un.org/fr/conferences/environnement/rio2012>

L'Accord de Paris a été ouvert à la signature le 22 avril 2016 - Jour de la Terre - au siège des Nations Unies à New York. Il est entré en vigueur le 4 novembre 2016, 30 jours après que le "double seuil" (ratification par 55 pays représentant au moins 55 % des émissions mondiales) ait été atteint. À ce jour, 183 Parties l'ont ratifié sur les 197 Parties à la Convention.²³

2. Décalage entre attitudes et comportements en matière de protection de l'environnement

Une attitude ambivalente caractérise le rapport à l'environnement. D'un côté on retrouve la reconnaissance d'un problème, les déclarations de valeurs, l'expression d'une sensibilité et le « désir d'agir » en faveur de la protection environnementale, de l'autre on retrouve le vécu au quotidien, qui ne reconnaît pas toujours, sur le plan pratique, la préoccupation pour l'environnement. En milieu industriel, comme ailleurs, cela peut se traduire par des écarts importants.

Premièrement un écart entre valeurs et comportements quotidiens, où les valeurs — ou plus précisément les déclarations de valeurs — vont dans le sens de la préoccupation partagée pour le sort de l'environnement et les comportements relèvent plutôt d'une attitude individualiste, qui n'intègre pas cette préoccupation sur le plan pratique et qui exprime plutôt une quête de confort, de non-implication, de maintien des pratiques habituelles.

Deuxièmement, un autre écart se manifeste au niveau des conduites, selon qu'elles soient privées ou collectives. Plus précisément, il n'y a pas forcément de correspondance entre les comportements adoptés dans le contexte domestico-privé, dans lequel l'individu agit en tant que citoyen, consommateur-bénéficiaire d'environnement, et ceux qui sont adoptés dans le contexte professionnel, où le rapport à l'environnement est biaisé par l'interposition de l'entreprise.

2.1 Conscience environnementale et sensibilité environnementale

« Les relations entretenues avec les espaces et les ressources ont toujours été contradictoires, mêlant crainte et vénération, mise en valeur et anéantissement, contemplation esthétique et utilisation mécanique. Ainsi, la notion de « ressource naturelle » est exemplaire des confusions qui dominent les représentations communes. » (Lascoumes, 1994, p. 10)

Cette ambivalence, qui caractérise le rapport à l'environnement et qui est à la base de l'écart entre discours et conduites, peut s'expliquer par une différence importante, entre ce que l'on peut appeler *conscience environnementale* et *sensibilité environnementale*. La première, encore en construction, serait à la base des attitudes, des perceptions, des opinions à l'égard de l'environnement ; la seconde influencerait plutôt les comportements.

La théorie des *représentations sociales* (Doyle et Palmonari, 1986 ; Jodelet, 1989) est à la base de la distinction entre conscience et sensibilité environnementales. En effet, c'est à

²³ <https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris>

partir des représentations qu'ils se font de l'environnement, que les individus et les groupes agissent sur cet environnement.

- **La conscience environnementale** représente le produit de l'expérience d'apprentissage de la préoccupation environnementale. Elle émerge en raison de l'influence de la société et de la culture (au sens courant du terme) et est tributaire d'une connaissance qui se construit de façon évolutive grâce à l'accumulation d'instances de socialisations multiples, telles que l'école, le travail, les médias, les mouvements sociopolitiques, qui médiatisent l'approche à la question environnementale. Cette conscience désigne la reconnaissance d'un problème — celui de l'environnement — et se manifeste par une présence plus ou moins fréquente du souci écologique dans les représentations sociales de certaines catégories plus familières. La dimension environnementale sera alors évoquée parmi les éléments qui définissent ces catégories.
- **La sensibilité environnementale** est le résultat de valeurs, attitudes et représentations acquises par l'individu au cours du processus de socialisation, en tant que dispositions durables qui vont constituer la grille à travers laquelle ce dernier percevra ses expériences nouvelles. Par conséquent, la sensibilité environnementale est fonction des conditions objectives d'existence, de l'appartenance à un groupe plutôt qu'à un autre et exprime la présence de la valeur environnementale dans le système global de valeurs. Elle est donc à la base des comportements, des actions dites « environnementales ». Conscience et sensibilité peuvent être indépendantes.

L'environnement ne fait pas encore partie des intérêts primordiaux par rapport auxquels s'ordonnent les positions individuelles. La production de phénomènes de dégradation écologique à l'échelle planétaire, la succession de catastrophes d'origine industrielle, les alertes scientifiques, la mobilisation des médias et l'action-contestation des mouvements sociopolitiques ont sûrement eu un rôle non négligeable dans la construction de la conscience environnementale. Cependant, les comportements au quotidien restent encore plus ou moins étrangers à la protection de l'environnement, car la conscience du problème n'est pas suffisante à elle seule pour agir de façon significative au niveau de l'acquisition de valeurs, et donc de la détermination des conduites. En entreprise, le conflit entre valeurs et utilité est fort. Les valeurs sont exclues des objectifs de l'entreprise du fait de sa logique plutôt instrumentale. C'est dans les entreprises où la valeur environnementale commence à être suffisamment étayée que l'on a enregistré l'écart le moins important entre conscience et sensibilité, entre reconnaissance du problème environnemental et conduites « écologiques ».²⁴

²⁴ DRAETTA, Laura. Chapitre 4. Le décalage entre attitudes et comportements en matière de protection de l'environnement In : Développement durable et participation publique : De la contestation écologiste aux défis de la gouvernance [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2003 (généré le 25 septembre 2020). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pum/15031>>. ISBN : 9791036513831. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pum.15031>.

Chapitre II : Le Développement Durable

1. Définition

Introduit dans le rapport de Brundtland (cf. 1.4 Rapport de Brundtland), le développement durable y est défini comme étant : «Un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.»²⁵

Le développement durable est une tentative de créer un modèle de développement qui intègre à la fois l'économie, le progrès social et la protection de l'environnement.

Cet objectif est né de l'idée que la qualité environnementale et le bien-être économique et social sont intimement liés et que, par conséquent, ces trois dimensions ne peuvent pas être considérées séparément. Le développement durable devient ainsi plus qu'un simple outil de protection pour l'environnement: c'est un projet de créer un modèle de développement pouvant être soutenu à très long terme ou dans le meilleur des cas, indéfiniment. Le rapport Brundtland va même dire que c'est un moyen de protéger le développement de l'humanité :

« Il faut donc intégrer l'économie et l'écologie (...), non seulement pour protéger l'environnement, mais encore pour protéger et favoriser le développement. L'économie, ce n'est pas seulement produire des richesses; l'écologie ce n'est pas uniquement protéger la nature; ce sont les deux ensembles qui permettent d'améliorer le sort de l'humanité (...) les problèmes écologiques et économiques sont liés à de nombreux facteurs sociaux et politiques. » (Rapport Brundtland, 1987)

Le concept de développement durable tente donc de réorienter le développement vers un modèle plus englobant qui crée des liens entre l'économie, la société et l'environnement.²⁶

2. L'ambigüité du Développement Durable

Il existe présentement plus de 200 définitions du développement durable. Ces nombreuses définitions ne sont pas un exercice de linguistique, mais présentent de réelles distinctions entre les interprétations du concept. Ce grand ensemble de définitions montre également la difficulté de combiner l'idée de développement avec les considérations environnementales :

« La multiplication des sens et de l'application du terme « développement durable » ne compromet pas nécessairement son utilité. Il reflète plutôt la complexité des problèmes qui sont invoqués lorsque développement et environnement sont juxtaposés. » (Susan Baker, 2006)

²⁵ Commission mondiale sur l'environnement et le développement, Rapport de Brundtland « Notre avenir à tous ». 349 pages. p14. Disponible en ligne : http://www.ceres.ens.fr/IMG/pdf/rapport_brundtland.pdf

²⁶ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.7-8. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

Il est important de noter que chacune de ces définitions crée un certain degré d'ambiguïté conceptuelle qui peut poser des problèmes d'application. L'ambivalence du concept ouvre la porte à deux critiques importantes. Premièrement, selon certains analystes, l'opérationnalisation du développement durable n'est possible que s'il existe une seule définition précise du développement durable :

« Pour que le concept de durabilité (...) soit opérationnellement utile, il doit être plus qu'une simple expression de valeurs sociales ou de préférences politiques déguisé en langage scientifique. Idéalement, il devrait être défini de manière à pouvoir spécifier un ensemble de critères mesurables » (Wilfred Beckerman, 1994)

Deuxièmement, quelques chercheurs s'inquiètent qu'un manque de précision dans la définition permette à certains groupes d'utiliser l'appellation de «durabilité» pour des produits, des services ou même des projets ou des politiques même si cette déclaration n'est pas confirmée.²⁷

L'ambiguïté a depuis l'origine, été constitutive de l'émergence du concept de développement durable :

- Ambiguïté dans la signification des termes (durabilité ou soutenabilité?) Et dans leur assemblage (un « oxymore ») ;
- Ambiguïté dans l'origine historique (le rapport Brundtland ou bien avant...);
- Confusion ou pas avec l'environnement ;
- Ambiguïté, surtout, dans les objectifs politiques ou écologiques et dans les relations au marché ou au capitalisme mondialisé.

Sur cette seule dimension politique et idéologique et derrière le même terme, on pouvait distinguer au moins six conceptions totalement différentes du développement durable (Theys, du Tertre, Rauschmayer, 2010, p. 31) (voir les tableaux 2 et 3).

Au-delà d'un noyau consensuel commun, c'est une notion qui s'est montrée, de fait, particulièrement accueillante à la diversité et à la contradiction – comme c'est le cas, d'ailleurs, pour celle de développement.

Dans un article publié en 1999 pour l'Institut Européen de Florence, Matthias Maier (1999) avait avancé l'idée que cette ambiguïté conceptuelle pouvait avoir trois fonctions différentes :

- Constituer un habillage, une couverture, permettant les manipulations tactiques tel que le « Green Washing » ;
- Rendre possible la recombinaison des intérêts divergents, et ouvrir de nouvelles opportunités d'actions coopératives (utilisation stratégique) ;

²⁷ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.8-9. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

- Enfin, préparer la transition vers un « nouveau » paradigme de développement ou de démocratie (rupture politique). Sur ce point, là aussi, toutes les interprétations sont restées ouvertes ...

Tableau 2 : Les différentes visions du développement durable. (A. Dobson, 1996)

Questions			Conceptions			
			A	B	C	D
Que faut-il soutenir ?			Le capital (humain et naturel) ayant une fonction économique	Le capital naturel « critique » (les fonctions écologiques vitales pour l'homme)	Le capital naturel « irréversible » et vulnérable	L'ensemble du patrimoine naturel « signifiant »
Pourquoi ?			Accroître le bien-être matériel	Accroître le bien-être matériel et immatériel	Accroître le bien-être et respecter nos « obligations » par rapport à la nature	Respecter nos « obligations » par rapport à la nature
Quelles préoccupations essentielles (besoins) ?	Matériels humains indispensables	Génération présente Génération future	X X	X X	Puis X X en 1 ^{er}	Puis X Puis X
	Matériels et immatériel ; aspirations	Génération présente Génération future		X X		
	«non humains»	Génération présente Génération future			Puis X Puis X	Puis X Puis X
Quel degré de substituabilité entre capitaux naturels/non naturels ?			Considérable	Pas entre capital produit par l'homme et capital naturel critique	Pas entre capital produit par l'homme et capital naturel irréversible	Très limité
Quel niveau de soutenabilité ?			Faible	Fort	Fort	Extrêmement fort (conservation)

Tableau 3 : Les différentes conceptions du développement durable. (Theys, 2010)

		Degré de substituabilité entre la nature, l'économique et le social		
Approche privilégiée	Options	Soutenabilité très forte (très faible substituabilité)	Soutenabilité forte (faible substituabilité)	Soutenabilité faible (forte substituabilité)
	Intégration économie/environnement	« Bio-économie et décroissance durable (limites absolues à la croissance)	Modernisation écologique et intégration économie-environnement (stratégies gagnant-gagnant, économie verte...)	Croissance soutenue (minimisation des coûts de l'environnement)
	Stratégie de développement	Économie solidaire et de la « richesse » (sociétés et modes de développement alternatifs)	Le développement durable comme stratégie multidimensionnelle de développement (conception spécifique du développement durable)	Nouvelle gouvernance et entreprise citoyenne (responsabilité sociale des entreprises, prise en compte des « stakeholders », actions citoyennes...)

Tant que le contexte est resté relativement favorable, avec des perspectives globalement optimistes sur les conséquences économiques ou environnementales de la mondialisation, avec aussi un certain progrès de la gouvernance mondiale, cette ambiguïté a constitué un facteur très efficace « d'attractivité » et de dynamique du concept de développement durable. Elle a ouvert la réflexion et la créativité scientifique ou technique.

Dans un contexte aujourd'hui très différent de crise économique, c'est plutôt la part d'illusion, et les aspects négatifs de l'ambiguïté qui sont mis en avant – menaçant une bonne part du crédit qui s'attachait encore à la notion de développement durable avant 2008. Depuis les premières années de son émergence l'expression a toujours suscité autant de critiques que d'interprétations ou de développements multiples. Avec le changement d'époque, ce sont plutôt ces critiques qui prennent le pas, venant justifier un désir plus général de changer de vocabulaire.²⁸

Malgré les disparités qu'il existe dans la définition du développement durable, nous allons adopter la définition offerte par le rapport Brundtland. Plusieurs auteurs s'accordent

²⁸ Jacques Theys, « Le développement durable face à sa crise : un concept menacé, sous-exploité ou dépassé ? », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 5, n°1 | Février 2014, mis en ligne le 24 juillet 2014, consulté le 26 septembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/10196> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.10196>

pour dire que cette définition est encore aujourd'hui la plus répandue et la plus acceptée pour le développement durable

3. Les trois piliers du Développement Durable

Un des objectifs fondamentaux du développement durable est la tentative de créer un modèle de développement qui intègre à la fois l'économie, la société et l'environnement. Cet objectif naît de l'idée que le bien-être de l'environnement, de l'économie et de la société sont intimement liés.²⁹ La figure 2 est la représentation graphique la plus répandue du lien qui existe entre ces trois dimensions.

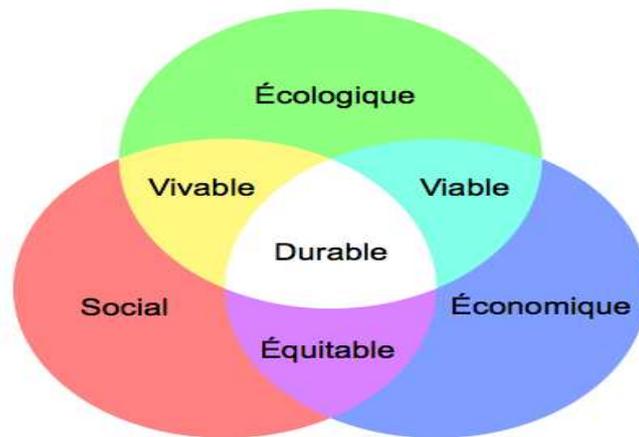


Figure 2 : Les trois piliers du Développement Durable.

3.1 Pilier économique

L'économie désigne les activités humaines qui consistent en la production, la distribution, l'échange et la consommation de ressources, de biens et de services.

Pour s'inscrire dans une perspective de développement durable, le système économique doit être pensé pour que sa croissance et son efficacité ne se fassent pas au détriment de l'environnement et du social et se mettent à leur service.

Le développement durable défend une économie moins spéculative, instable et génératrice d'inégalités. L'ensemble des activités économiques, depuis la production jusqu'à la consommation, doit être inscrit dans une perspective globale, qui tient compte des impacts de la croissance économique sur l'homme et son environnement. Une économie durable est une économie qui n'épuise pas les ressources naturelles et qui répartit équitablement les richesses.

²⁹ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.13. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

3.2 Pilier social

Dans la conception du développement durable, le pilier social désigne ce qui se réfère aux êtres humains, à leurs sociétés et aux différents rapports que les hommes entretiennent entre eux.

Pour être durable, le développement poursuivi par l'homme doit développer les solidarités et avoir, entre autres objectifs, la lutte contre la pauvreté et l'exclusion, la lutte contre tout type d'inégalités (sociales, de santé, de genre, raciales, spatiales...), la lutte contre les violences physiques et psychologiques, l'amélioration des conditions de travail pour tous, le développement de l'alphabétisation et de la scolarisation, l'amélioration de l'accès à l'eau potable, de l'accès à un logement, etc. Par ce biais, c'est le bien-être de chacun ainsi que l'harmonie entre les hommes qui sont visés. La perspective multiculturelle est reconnue comme composante essentielle du développement durable. Loin de s'imposer en modèle figé, le développement durable entend s'adapter et être façonné par les cultures afin de conserver les diversités, richesse de l'humanité.

3.3 Pilier environnemental

L'environnement désigne l'ensemble des conditions naturelles susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines et dont certains éléments peuvent directement subvenir à leurs besoins.

Le développement durable cherche à minimiser l'impact des activités humaines sur l'environnement, de sorte à préserver les ressources naturelles, les écosystèmes, la biodiversité, nécessaires à l'épanouissement de l'homme sur plusieurs générations. Il cherche le compromis idéal entre satisfaction des besoins humains et préservation de l'environnement.³⁰

4. Les concepts de « besoin » et de « limitation »

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion :

- a) le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité,
- b) l'idée des « limitations » que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir.³¹

Cette idée de besoins est basée sur le fait que le développement durable est tout d'abord un modèle de développement. Or, l'objectif du développement: « consiste à satisfaire les besoins et aspirations de l'être humain ». Les besoins sont culturellement et socialement

³⁰ Charlotte Sax, Denis Mannaerts « Le Développement Durable » D/2011/4825/2Cultures&Santé (Bruxelles, 2010). Téléchargeable en ligne sur : <https://www.cultures-sante.be/nos-outils/outils-education-permanente/item/40-le-developpement-durable.html>

³¹ Rapport de Brundtland « Notre Avenir à Tous » C.M.E.D. (1987) 349 pages. p.40. Disponible en ligne : http://www.ceres.ens.fr/IMG/pdf/rapport_brundtland.pdf

définis, mais en mettant l'emphase sur les besoins des plus démunis, le rapport fait référence surtout aux besoins essentiels, même si ces besoins essentiels ne sont pas décrits. Ce manque de précision pourrait être un problème pour les praticiens du développement durable, mais le rapport n'offre pas l'occasion de s'attarder à la définition des besoins essentiels, car il se concentre sur l'équité sociale « les sociétés doivent faire en sorte de satisfaire les besoins, certes en accroissant la productivité, mais aussi en assurant l'égalité des chances pour tous ».

La notion de limitations est une référence aux limites de la « biosphère de supporter les effets de l'activité humaine »; par conséquent, il faut limiter le développement en « adoptant un mode de vie qui respecte les limites écologiques de la planète » ». Autrement dit, il existe des limites au développement et ces limites sont imposées par la capacité de l'environnement à maintenir l'activité humaine. L'idée de limitations fait apparaître une notion de durée dans le développement. En effet, le développement, pour qu'il soit durable, doit « être défini en fonction de la durée »

5. Le principe d'équité dans le développement durable

Ces notions de limitations et de besoins présentent deux aspects normatifs d'équité inhérents à la définition du développement durable: *équité intragénérationnelle* et *équité intergénérationnelle*.

L'équité intragénérationnelle fait référence au besoin d'égalité au sein de la génération présente et plus particulièrement entre les différentes classes sociales et entre les États. Cette notion souligne l'importance de l'utilisation équitable des ressources. Le rapport Brundtland souligne l'importance de la distribution des richesses entre les États et surtout vers les États en voie de développement.

L'équité intergénérationnelle est fondée sur l'idée de justice et d'obligations entre les générations. Les notions d'égalité de distribution des biens sociaux de base, comme la liberté, les opportunités et le bien-être, servent de fondement à l'équité intergénérationnelle. La génération présente se doit d'offrir la possibilité aux générations futures de subvenir à leurs besoins.³²

6. La hiérarchisation des trois piliers

La définition tripolaire du développement durable n'autorise pas les mécanismes de compensation entre les pôles, que certains appellent capital naturel, capital économique et capital humain. En d'autres termes, une telle définition refuse de considérer qu'un accroissement des exportations peut compenser une baisse de la qualité de l'eau dans l'évaluation du niveau de vie d'une population donnée. C'est pourquoi une définition véritablement opérante du développement durable suppose une hiérarchisation des dimensions économique, environnementale et sociale. Ainsi, puisqu'on ne saurait imaginer de

³² Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.17-19. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

développement sans le maintien du support écologique de toute vie humaine, la préservation de l'environnement doit être posée comme une condition du développement durable. Par ailleurs, dans la mesure où le développement vise à répondre aux besoins des populations, la dimension sociale constitue un objectif du développement durable. L'économie et le système de production et de distribution constituent, quant à eux, des moyens à mettre au service du développement. Enfin, l'idée d'équité intergénérationnelle, mais aussi intragénérationnelle, traverse le développement durable dans toutes ses dimensions et constitue à la fois un objectif, une condition et un moyen.³³

Tableau 4 : Les facettes du développement durable.

Développement Durable	
Environnement (respect de la capacité de charge)	Condition
Société (développement)	Objectif
Économie (efficacité)	Moyen
Équité (intra- et intergénérationnelle)	Condition, objectif et moyen

Cette hiérarchisation des 3 piliers est d'autant plus évidente lorsqu'on considère que population humaine et l'activité qu'elle engendre font partie d'un ensemble plus vaste qu'est l'écosystème dans lequel elles évoluent. Les humains ont besoin de l'écosphère, mais l'écosphère n'a pas besoin de nous. À partir de ce constat, il faut accepter que l'humanité ait une dépendance unidirectionnelle avec son environnement et, par extrapolation, que l'économie devrait avoir une relation similaire avec la société. La figure 3 ci-dessous illustre cette dépendance.³⁴

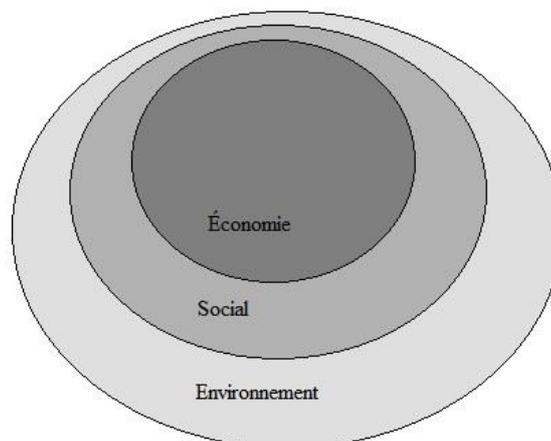


Figure 3 : Développement durable: les cercles concentriques.

³³ GENDRON, Corinne. « La gestion environnementale et la norme ISO 14001 ». Nouvelle édition [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2004 (généré le 08 juin 2018). 267 pages. p.16. Disponible sur Internet : <https://books.openedition.org/pum/10669>. ISBN : 9791036502484. DOI : 10.4000/books.pum.10669.

³⁴ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.41. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

7. La notion de durabilité dans le développement durable

Selon O'Riordan et Jäger (1996, *Politics of Climate Change*), il existe 4 interprétations du concept de durabilité, la *durabilité très forte*, la *durabilité forte*, la *durabilité faible* et la *durabilité très faible*. Selon ces perspectives, le développement durable doit permettre aux générations futures de répondre à leurs besoins, ce qui implique que le « capital » de bien-être ne diminue pas avec le temps.

Afin de bien comprendre la distinction entre faible et forte durabilité, il faut saisir la distinction qui existe entre capital naturel et capital humain. Le capital humain est le résultat de la transformation de ressources naturelles par des procédés industriels et techniques tandis que le capital naturel est l'aboutissement de l'interaction d'une multitude d'espèces sur leur environnement et ne peut pas être créé par l'activité humaine. Le capital naturel et le capital humain contribuent tout les deux au bien-être humain.

7.1 La durabilité très faible

Elle est définie comme un état où il y a une substitution parfaite entre le capital humain et le capital naturel. Il suffit que l'utilité du capital, c'est-à-dire le bien-être, soit maintenue.

7.2 La durabilité faible

Dans le cas de la durabilité faible, le capital total de bien-être est considéré, qu'il soit naturel ou construit par l'humain. Il y a possibilité de substituer le capital naturel par le capital humain. Dans ce modèle de développement, l'utilisation de ressources naturelles est acceptable pour créer un produit qui contribue au bien-être humain. Donc le capital naturel est uniquement important à cause de son utilité, plus précisément de son rôle dans le bien-être humain.

La durabilité faible accepte l'idée de substitution, mais reconnaît l'importance de certaines fonctions écologiques qui ne peuvent pas être remplacées par la technologie ou le capital humain.

7.3 La durabilité forte

À l'opposé, dans le cas de la durabilité forte, le capital naturel est considéré indispensable à la vie humaine et il faut le maintenir. Il ne peut pas y avoir de substitution entre le capital naturel et le capital créé par l'humain. La durabilité forte demande que le capital naturel soit protégé, car il est nécessaire à la vie et au bien-être. (cf. 3.6 La hiérarchisation des trois piliers).

La forte durabilité adopte une vision plus large de la protection du capital naturel, car la durabilité forte prend en considération le principe de précaution.

- **Principe de précaution**

Ce principe souligne les limites des connaissances scientifiques et techniques actuelles de l'activité humaine sur l'environnement et rappelle que dans cette incertitude scientifique il est préférable d'adopter une approche de protection accrue car nous ne connaissons pas toutes

les conséquences de cette activité sur l'environnement. Il a été entériné dans le principe 15 de la Déclaration de Rio :

« Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les Etats selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement ». ³⁵

Selon la durabilité forte, il est important de protéger le capital naturel, car les conséquences de l'utilisation des ressources naturelles et de l'interruption possible de certains services écologiques sont inconnues. La durabilité forte permet l'utilisation de capital naturel, mais souligne l'importance d'essayer de compenser pour l'utilisation de ces ressources naturelles par exemple grâce à des processus de reforestation ou de recyclage.

7.4 La durabilité très forte

Elle encourage l'application d'un état stationnaire, c'est-à-dire de croissance zéro; il est donc interdit de toucher au capital naturel.

Les quatre approches de durabilité sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Les différentes approches de la durabilité.

Durabilité très faible	Durabilité faible	Durabilité forte	Durabilité très forte
Substitution parfaite entre capital naturel et capital humain.	Substitution possible entre capital naturel et capital humain mais certaines fonctions naturelles ne peuvent pas être remplacées par la technologie ou le capital humain.	Principe de précaution : il est important de protéger le capital naturel car les conséquences de la destruction environnementale ne sont pas connues. Le capital naturel peut être utilisé, mais il faut le protéger le plus possible.	Aucune substitution possible. Le capital naturel ne devrait pas être utilisé. Croissance zéro.

Susan Baker (2006, *Sustainable Development*) utilise un langage différent de celui d'O'Riordan et Jäger pour également distinguer quatre paliers de développement durable avec des caractéristiques presque identiques. La différence se trouve dans l'ajout d'une échelle de valeurs: elle distingue entre valeurs anthropocentriques et valeurs écocentriques. La durabilité faible est anthropocentrique, indiquant que l'homme prime sur la nature, tandis que la durabilité très forte est écocentrique, indiquant que l'homme est partie intégrante de

³⁵ Organisation des Nations Unies. Principe 15 de la Déclaration de Rio sur l'Environnement et le Développement (juin 1992). p. 3. Disponible en ligne : https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/1992_declaration_de_rio.pdf

l'écosystème. Nous pouvons donc établir une échelle de durabilité entre anthropocentrisme et écocentrisme.³⁶

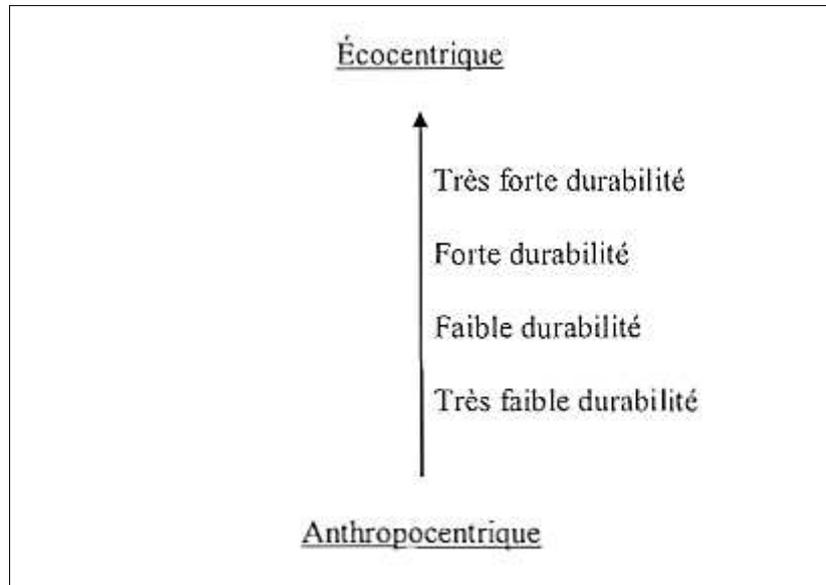


Figure 4 : Échelle de durabilité.

8. La stratégie du développement durable

Les politiques mises en œuvre pour assurer le développement durable diffèrent par les échelles où l'on situe les tensions qui déstabilisent les relations hommes/nature : le rapport Brundtland met au premier plan l'émergence de déséquilibres globaux (émission de gaz à effets de serre, et accumulation de gaz affaiblissant la couche d'ozone). Mais ces déséquilibres globaux résultent d'actions locales menées partout à la surface de la terre.

La stratégie conçue par le rapport Brundtland et mise en œuvre depuis part d'observations menées au niveau global et en déduit les actions qu'il convient de mener au niveau national, au niveau régional et au niveau local pour éviter de nuire à l'environnement.

Pour réduire l'émission des gaz à effet de serre, il convient de maintenir le couvert forestier là où il existe, et de le reconstituer là où il a disparu ; il faut limiter les consommations d'énergie fossile et développer l'usage d'énergies renouvelables et, peut-être, de l'énergie nucléaire. Pour réduire les menaces sur la couche d'ozone, il faut renoncer à l'emploi de composés fluoro-chlorés dans les équipements industriels ou domestiques. Les politiques élaborées sous l'égide des Nations Unies partent donc des déséquilibres globaux pour obtenir, par des actions localisées, une réduction des tensions environnementales.

³⁶ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.29-34. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

Pour mener à bien ces actions, il convient de disposer d'indicateurs qui précisent la responsabilité de chaque lieu dans le déséquilibre global. Un exemple : en ce domaine, la Région Ile-de-France met en œuvre un indicateur de «l'empreinte écologique de ses habitants»³⁷

9. Les indicateurs du développement durable

La nécessité de disposer d'indicateurs fiables et pertinents pour guider le processus de développement durable a été reconnue dès la Conférence de Rio. Elle est affirmée dans de nombreuses sections du document programmatique qui en est issu, l'Agenda 21, et constitue le thème essentiel du chapitre 40 (le dernier) qui traite de l'information pour la prise de décision. C'est dans le paragraphe 40.4 que l'on trouve la référence la plus explicite aux limites des indicateurs existants et à la nécessité d'en construire de nouveaux pour évaluer la durabilité :

« 40.4 Les indicateurs courants tels que le produit national brut (PNB) et la mesure des divers courants de ressources ou de pollution ne permettent pas d'évaluer la durabilité des systèmes. Les méthodes d'évaluation des interactions entre les divers paramètres de l'environnement, de la démographie, de la société et du développement ne sont pas suffisamment (sic) développées et appliquées. Il faut donc élaborer des indicateurs du développement durable afin qu'ils constituent une base utile pour la prise de décisions à tous les niveaux et contribuent à la durabilité autorégulatrice des systèmes intégrés de l'environnement et du développement. »³⁸

Afin de répondre à cette demande, la Commission du développement durable des Nations Unies (CNUED) lance en 1995 un programme de travail visant à élaborer des indicateurs de développement durable : 134 propositions d'indicateurs sont ainsi testées par une vingtaine de pays volontaires. Les indicateurs proposés apparaissent alors souvent trop généraux pour cerner de manière pertinente la problématique du développement durable. En outre, il s'agit davantage d'une juxtaposition d'indicateurs que d'une intégration des trois dimensions du développement durable.³⁹

9.1 Les indicateurs de base du développement durable

La stratégie de l'Union européenne, révisée en 2006, met en exergue une sélection de 11 indicateurs « clés », présentés ci-dessous :

1) Taux de croissance du PIB (Produit Intérieur Brut) par habitant ;

³⁷ Paul Claval « Le développement durable : stratégies descendantes et stratégies ascendantes » Géographie, Économie, Société, Vol. 8, n° 4 (2006), p. 434.

Disponible en ligne : https://ges.revuesonline.com/gratuit/GES8-4_01-Claval.pdf

³⁸ Paul-Marie Boulanger « Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique ». Les séminaires de l'Iddri, n° 12. (Juillet 2004, Belgique). 22 pages. p.5. Disponible en ligne : https://www.iddri.org/sites/default/files/import/publications/id_0421_boulanger.pdf

³⁹ Odile Bovar, Magali Demotes-Mainard, Cécile Dormoy, Laurent Gasnier, Vincent Marcus, Isabelle Panier, Bruno Tregouët « Dossier - Les indicateurs de développement durable ». L'économie française, édition 2008, pages 51-72. p. 52. Téléchargeable en ligne : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1373261?sommaire=1373267>

- 2) Émissions totales de gaz à effet de serre ;
- 3) Part des énergies renouvelables dans la consommation intérieure brute d'énergie ;
- 4) Consommation d'énergie des transports et PIB ;
- 5) Productivité des ressources ;
- 6) Indice d'abondance des populations d'oiseaux communs ;
- 7) Prises de poissons en dehors des limites biologiques de sécurité ;
- 8) Espérance de vie en bonne santé ;
- 9) Taux de risque de pauvreté après transferts sociaux ;
- 10) Taux d'emploi des travailleurs âgés (55-64 ans) ;
- 11) Aide publique au développement.⁴⁰

9.2 Les indicateurs composites de développement durable

En complément des indicateurs élémentaires rendant compte des divers aspects du développement durable, il existe une forte demande d'indicateurs synthétiques. Cette demande s'explique en général par le besoin de disposer d'une information simple, facile à retenir ou à communiquer et qui permet de faire des comparaisons ou d'établir des palmarès entre pays ou régions.

Les indicateurs composites tentent de rendre compte par un chiffre unique des performances économiques, sociales et environnementales d'un territoire en agrégeant des éléments hétérogènes. Un indicateur élémentaire, par exemple la concentration d'un polluant dans l'air ou dans l'eau, est d'abord transformé en indice par rapport à une norme ou à un seuil de référence. Ensuite, des critères d'agrégation sont déterminés, à l'aide de pondérations affectées à chaque indicateur élémentaire.⁴¹

• Quelques indicateurs composites de développement durable

L'**IDH**, ou Indicateur de Développement Humain, a été créé par le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) à partir, notamment, des travaux de A. Sen. Il combine trois indicateurs de base : l'espérance de vie à la naissance ; le revenu ; le niveau d'éducation, lui-même mesuré par le taux d'alphabétisation des adultes combiné au taux de fréquentation scolaire des jeunes.

L'**IBED**, ou Indice du Bien-être Économique Durable, est un indice monétaire corrigeant le PIB sur un certain nombre de points, notamment en prenant en compte les coûts sociaux et environnementaux liés aux inégalités de revenus, à la mobilité, aux accidents de roulage, à la pollution de l'air et de l'eau, aux nuisances sonores, à la perte d'écosystèmes naturels, à la diminution des réserves de ressources non renouvelables, à la lutte contre le réchauffement climatique et à l'érosion de la couche d'ozone. En revanche, le travail

⁴⁰ Odile Bovar, Magali Demotes-Mainard, Cécile Dormoy, Laurent Gasnier, Vincent Marcus, Isabelle Panier, Bruno Tregouët « Dossier - Les indicateurs de développement durable ». L'économie française, édition 2008, pages 51-72. p. 54.

⁴¹ Odile Bovar, Magali Demotes-Mainard, Cécile Dormoy, Laurent Gasnier, Vincent Marcus, Isabelle Panier, Bruno Tregouët « Dossier - Les indicateurs de développement durable ». L'économie française, édition 2008, pages 51-72. p.61.

domestique et les dépenses publiques d'éducation et de santé sont intégrés au titre de contributions positives au bien-être.

L'**IPV**, pour Indicateur de Progrès Véritable, est calculé, depuis 1995, pour les Etats-Unis par l'institut californien Redefining Progress. Il est directement dérivé de l'IBED auquel il apporte quelques modifications, notamment en introduisant la contribution positive du bénévolat, des biens de consommation durables et des infrastructures de transport et en soustrayant un certain nombre de coûts supplémentaires, comme le coût des fractures familiales, du chômage, de la perte de loisirs, de la perte d'espace disponible, etc.

Le **MDP**, ou Measure of Domestic Progress, est un dérivé de l'IBED proche de l'IPV, dont il constitue une sorte de version britannique. Sa spécificité réside notamment dans la prise en compte des consommations défensives des ménages en matière de santé et d'éducation ainsi que dans certaines améliorations apportées au calcul des coûts environnementaux.

L'**indicateur de Bien-être Économique et Social** d'Osberg et Sharpe consiste en une moyenne pondérée de quatre indicateurs de base, eux-mêmes synthétiques, portant sur : les flux de consommation au sens large ; les stocks de richesses (économique, humaine et environnementale) ; les inégalités et la pauvreté économiques ; l'insécurité économique (dimension très originale tenant compte des risques économiques liés au chômage, à la maladie, à la vieillesse et aux familles monoparentales). Les dimensions économiques et sociales y jouent un rôle très important, nettement plus que les questions environnementales.

L'**IB**, ou Indice de Bien-être, est un des indicateurs proposés par Prescott-Allen dans son ouvrage *The Well-Being of Nations* (2001). Il est composé d'indicateurs de base relatifs à la santé (espérance de vie) et à la vie familiale (stabilité de la famille), au revenu et au degré de satisfaction des besoins de base, à la santé de l'économie (inflation, chômage, endettement), au niveau d'éducation et aux moyens de communication (y compris le téléphone et l'accès à Internet), aux droits politiques et civiques, à l'état de paix ou de conflit armé (interne et externe), à la criminalité et à l'égalité.⁴²

L'**IEE**, ou Indice d'Empreinte Écologique, est un indicateur développé par Mathis Wackernagel et William Rees en 1996 dans leur livre « *Our Ecological Footprint* ». L'empreinte écologique mesure combien l'activité humaine utilise de surface biologiquement productive. Il s'agit de calculer la somme des surfaces nécessaires, en moyenne, à une population pour se nourrir, se loger, se déplacer, consommer des biens et services et assimiler les déchets issus de cette consommation, ce dans les conditions de gestion et d'exploitation de l'année donnée.⁴³

⁴² Paul-Marie Boulanger « Les indicateurs de développement durable : un défi scientifique, un enjeu démocratique ». Les séminaires de l'Iddri, n° 12. (Juillet 2004, Belgique). 22 pages. p.7. Disponible en ligne : https://www.iddri.org/sites/default/files/import/publications/id_0421_boulanger.pdf

⁴³ Judith Raoul-Duval « Empreinte écologique, retour sur expériences territoriales ». ISBN 978-2-11097026-8. Collection « Recherches » du PUCA n°190 (mai 2008, Lyon). 62 pages. p.15. Disponible en ligne : http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/empreinte_ecologique_16x24_int04.pdf

L'**IPH**, ou Indice de la Planète Heureuse, est un des plus récents indicateurs agrégés internationaux à être apparu dans le domaine du calcul du progrès social. Cet indicateur a été créé par le New Economics Foundation en 2006. Il se base sur l'idée simple que l'objectif de la société doit être de permettre à ses citoyens d'atteindre le bonheur. Or les indicateurs existants les plus répandus tels que le PIB et l'IDH ne mesurent pas ce bonheur. En revanche, la quête de bonheur doit être faite avec le plus petit impact environnemental possible, afin que les générations futures puissent également atteindre leur bonheur. L'IPH est donc un indicateur de développement durable car il mesure comment la société humaine, dans son objectif d'atteindre le bonheur, affecte l'environnement.

C'est un indicateur unique et non-conventionnel car dans son calcul il ne mesure pas le développement selon des catégories déterminées par des experts ou des statisticiens, mais plutôt par l'effet du développement selon la perception de la population qui est affectée par ce développement. Il est calculé à partir de trois indices existants soit, l'espérance de vie, l'empreinte écologique et la satisfaction de la vie.⁴⁴

10. Le développement durable et la démondialisation

Face à une mondialisation économique qui s'avère de moins en moins « heureuse » – si tant est qu'elle ne l'ait jamais été – et à une Europe offrant la triste figure de l'impuissance, la critique ne cesse de monter. Qu'il s'agisse de stigmatiser les délocalisations, de dénoncer la perte de souveraineté face aux marchés financiers, ou plus positivement d'appeler à renouer avec le classique protectionnisme, ou encore d'exhorter, au travers de formules qui se veulent mobilisatrices, à « acheter local » ou à « produire local », se manifeste un ensemble de remises en cause visant la mondialisation économique et financière. Peut-être la figure la plus radicale et la plus percutante de cette critique est-elle celle de la « démondialisation ».

En l'occurrence, l'exhortation à la démondialisation n'est nullement l'apanage de la classique extrême droite nationaliste ; elle émane d'un public de plus en plus large, notamment d'hommes politiques ou d'économistes de gauche : Arnaud Montebourg, Jacques Sapir, Emmanuel Todd, etc. Il pose la démondialisation comme une construction politico-économique à part entière, face à cette autre construction politico-économique que constitue la mondialisation économique : programme contre programme en quelque sorte.

La démondialisation, plus largement la critique de la mondialisation, sont principalement axées sur les questions économiques et financières. Sont mises en avant : la croissance économique atone des pays occidentaux, les délocalisations, le chômage grandissant, le maintien de salaires bas et de très fortes inégalités de revenus au Sud, les efforts vains d'instaurer des mécanismes de régulation pour la finance internationale, la mainmise des marchés internationaux sur les économies, etc.

L'écologie et le développement durable sont bien plus rarement convoqués pour servir une telle fin. Certes, traditionnellement, un fort attachement aux territoires locaux parcourt

⁴⁴ Lukas Diblasio Brochard, « LE DÉVELOPPEMENT DURABLE: ENJEUX DE DÉFINITION ET DE MESURABILITÉ », Montréal, université du Québec à Montréal (juin 2011). 90 pages. p.49-51. Disponible en ligne : <https://archipel.uqam.ca/4046/1/M12097.pdf>

une part importante de la littérature écologiste, attentive aux ressources locales, aux besoins des populations, etc. De même, bon nombre d'écologistes se sont ralliés à la critique de la mondialisation libérale. Cependant, au lieu de se tourner vers la démondialisation, ils sont plutôt adeptes d'une autre mondialisation : ce qu'il est convenu désormais d'appeler « l'altermondialisation », voulue plus juste et plus en harmonie avec la Nature. La célèbre formule écologiste « penser globalement, agir localement » rend compte de ce double tropisme : le planétaire pour penser les problèmes ; le local pour mettre en œuvre des pratiques qu'on espère exemplaires aux yeux des autres. Le protectionnisme, l'éloge des frontières, le retour à l'économie nationale, ne sont pas, en revanche, des mots d'ordre fréquemment usités dans les sphères écologistes.

10.1 Le problème des externalités

Selon les économistes libéraux, la mondialisation économique présenterait l'avantage capital de réduire les coûts et de favoriser l'allocation des meilleures ressources qui soit. En s'appuyant sur les « avantages comparatifs » des territoires, elle permet à chacun de ces derniers de produire ce qu'il sait faire relativement le mieux (du blé, des avions de chasse, des jouets, du marketing téléphonique, etc.), d'en exporter une partie au reste du monde et d'importer ce dont il a besoin, en le payant justement grâce à ce qu'il retire des exportations. Ce raisonnement économique est mis à mal lorsque sont prises en considération les externalités.

- **Définition des externalités :** Ce sont les effets positifs ou négatifs qu'entraîne l'activité d'un agent économique à l'extérieur ou que subit cet agent en provenance de l'extérieur. Ce sont des charges ou des produits extérieurs au marché.⁴⁵

Ces externalités (environnementales, sociales) sont responsables de coûts collectifs non supportés par leurs responsables : pollutions et leurs conséquences sur la santé ou sur la qualité des ressources, pertes de biodiversité, conditions de travail pénibles affectant le bien-être des personnes, etc. En présence d'externalités négatives, les coûts des processus productifs sont plus élevés que ce qui transparaît dans les règlements monétaires et s'il fallait les « internaliser », les positions relatives des territoires en termes de coûts relatifs s'en trouveraient modifiées, sans doute fortement s'agissant des activités nocives vis-à-vis de l'homme et de l'environnement.

Dans le cas de la mondialisation, les externalités liées au transport, notamment le transport international, sont les plus palpables. D'après l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique), les émissions mondiales de CO₂ induites par le transport maritime – le mode de transport privilégié pour le fret international – ont triplé entre 1925 et 2002. S'agissant de l'aviation, le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) estime que les émissions de CO₂ sont passées, en valeur annuelle, de 331 Mt en 1990 à 480 Mt en 2000.

⁴⁵ Farid Baddache « Le développement durable » ISBN : 978-2-212-54683-5. Éditions Eyrolles, Paris (2010) 208 pages. p.35.

Mais, à entendre les spécialistes, ces externalités-là et par conséquent ces coûts-là ne seraient pas les plus importants et seraient même très limités, selon l'OCDE, s'agissant des pollutions atmosphériques locales et du bruit.

Cependant, les externalités liées au transport sont, en quelque sorte, la partie émergée des coûts externes du commerce mondialisé. Même s'il est très délicat de les évaluer, les externalités environnementales et sociales trouvant leur origine dans les processus productifs eux-mêmes seront de plus grande ampleur. La contrainte de compétitivité, obligeant à compresser tous les coûts, ne laisse guère la possibilité d'adopter des normes exigeantes en matière environnementale et sociale. Tout au plus, quand les normes existent déjà, s'exerce un effet cliquet qui pousse à les maintenir à leur niveau. C'est là plutôt la situation des pays développés qui bénéficient de politiques sociales et environnementales de plus en plus ambitieuses et ce, même si, d'une part, on pourrait estimer qu'elles sont loin d'être suffisantes et si, d'autre part, la crise et son accentuation depuis 2008 montrent que certaines positions acquises tendent quand même à s'éroder dans une certaine mesure (âge de la retraite, allocations chômage, etc.).

Quant aux pays en développement, l'exacerbation de la concurrence « lowcost » tend à favoriser une espèce de nivellement par le bas (« stuck at the bottom » comme disent les Anglo-saxons) préjudiciable à la santé des hommes et à l'intégrité de l'environnement : extrême pénibilité des conditions de travail, pollutions diverses, constructions immobilières anarchiques, etc.

10.2 Le développement durable face à la mondialisation

Sans qu'il s'agisse de réponses explicitement dirigées contre la mondialisation, les exemples de démarches du développement durable qui privilégient un certain recentrement vers des territoires relativement étroits, souvent locaux ne manquent pas. Un premier exemple est fourni par le modèle des « circuits courts » en agriculture. En cherchant à rapprocher le producteur du consommateur, le circuit court s'oppose de fait à l'agriculture mondialisée.

Autre illustration : l'écologie industrielle. Mettre en place un « écosystème industriel » consiste à optimiser les flux de ressources et de matières entre entités économiques sur un territoire donné. Par exemple, une piscine bénéficiera de l'eau chaude émise, comme production jointe, par un établissement industriel. Le territoire de ces interdépendances se doit d'être relativement limité car, dans le cas contraire, l'avantage environnemental induit par l'économie d'énergie ou de matières, serait contrebalancé par des coûts environnementaux liés au transport sur de trop longues distances.

D'autres illustrations pourraient être mises à l'actif de cette contestation de fait d'une économie mondialisée : la promotion des énergies renouvelables locales (éolien, solaire...), plus généralement la recherche d'une valorisation des ressources locales, l'application d'un principe de proximité pour la gestion des déchets, etc.

10.3 Les enjeux globaux du développement durable

Présenter le développement durable comme une problématique ou un modèle de développement, qui partirait du local et se cantonnerait au local, ne serait pas véridique.

Le développement durable est avant tout une problématique globale. Il n'y a pas que l'économie ou la finance qui soient mondialisées. Bon nombre de problèmes environnementaux et sociaux le sont tout autant, et en grande partie à cause de la mondialisation économique : les perturbations climatiques, la diffusion de multiples polluants, les formes diverses d'exploitation de la main-d'œuvre par des entreprises multinationales et les effets sociaux négatifs liés à ces mêmes problèmes constituent bien des problèmes globaux.

- **Des solutions globales pour des enjeux globaux ?**

Pour un traitement d'ampleur des dysfonctionnements, débouchant sur des solutions efficaces, équitables et évitant les effets pervers, une gouvernance globale devrait pouvoir idéalement être instaurée. Le protocole de Montréal de 1987 visant à la disparition des CFC (Chlorofluorocarbones) pour préserver la couche d'ozone, le protocole de Kyoto de 1997 cherchant à limiter le réchauffement climatique sont de telles tentatives de réponses globales aux problèmes globaux.

Pourtant force est de constater que ces tentatives de règlement global peinent à se réaliser. Des exceptions existent : le Protocole de Montréal, qui vient d'être cité, a permis efficacement de stopper la production mondiale de CFC au point qu'il est raisonnable de pronostiquer une restauration de la couche d'ozone à l'horizon 2055-2065. Mais le cas des CFC est très particulier. Il suffit de leur trouver des substituts pour régler, pour une large part, le problème.

La plupart des autres problèmes globaux sont bien plus épineux à traiter, l'exemple type étant celui du changement climatique. À cet égard, le protocole de Kyoto a procédé d'un accouchement bien douloureux, a des ambitions très limitées, n'a même pas permis de rallier des contributeurs à l'effet de serre aussi importants que les États-Unis.

10.4 Subsidiarité de l'action en matière de développement durable

Si l'échelon global a largement failli, des actions à d'autres niveaux ont été mises en œuvre : par exemple, États américains pour pallier le refus de l'État fédéral, les territoires locaux et régionaux via les Plans climat territoriaux, etc. On assiste à une subsidiarité quelque peu paradoxale. Alors que généralement la subsidiarité est ascendante, c'est-à-dire qu'elle invite à passer à un échelon spatial supérieur parce que supposé plus efficace, dans le cas présent, c'est l'inverse : le niveau le plus adapté est le « global », mais faute de réalisations à cet échelon, l'action va se situer à un niveau « local ».

Ainsi, la critique du coût écologique de la mondialisation et la promotion de pratiques de développement durable s'écartant du commerce mondial, la recherche d'un développement durable semble pouvoir se conjuguer à la démondialisation.

Pourtant, à y regarder de plus près, on se rend compte que les actions en matière de développement durable sont susceptibles de s'exercer à divers échelons territoriaux : local, régional, national et international. Une priorité au local semble se dessiner pour le développement de certaines activités, par exemple agricoles, tandis que la régulation des enjeux globaux requiert une action concertée à l'échelle planétaire, avec à défaut, l'action subsidiaire d'États nationaux. En définitive, plus que de démondialisation, ce dont a besoin le développement durable, c'est d'une subsidiarité renouvelée.⁴⁶

11. Le rôle des ONG dans le développement durable

Il est souvent admis que les ONG sont les principales actrices du développement durable. Pourtant, nombreuses sont les organisations publiques et privées qui se sont aujourd'hui saisies de la thématique. Les gouvernements, toutes tendances confondues, ont ainsi fait du développement durable un de leurs principaux objectifs, certains allant même jusqu'à l'institutionnaliser en projet de société. Dans ces conditions, on peut se demander quels sont la spécificité et le rôle des ONG face à cette notion, devenue suffisamment lâche pour faire consensus. En effet, comment les ONG se positionnent-elles vis-à-vis de ce développement durable consensuel?

Ces organisations se retrouvent dans une position acrobatique. Après avoir inventé la notion, après l'avoir promue, elles la trouvent souvent confisquée dans des applications méconnaissant leurs pensées initiales. L'histoire du développement durable est pourtant totalement imbriquée avec celle des ONG environnementales. C'est en effet au sein de ces organisations que sont nées de nombreuses idées, présentes dans les différentes définitions du développement durable. C'est ensuite grâce à l'implication d'ONG comme le Fond mondial pour la nature (WWF) et l'Organisation Internationale de Centres Nutritionnels (OICN), que la notion de développement durable a pu être codifiée pour la première fois, avant de s'imposer comme un référentiel de politiques publiques et un justificatif d'actions collectives.

11.1 Les ONG, créatrices et porteuses de la notion de développement durable

Durant les années soixante-dix, les ONG environnementales des pays industrialisés ont porté des débats qui ont rapidement déteint sur les agendas internationaux. Des ONG telles que Greenpeace ou Friends of the Earth (FoE) ont prôné un changement dans les relations sociales et politiques comme condition préalable à la résolution des problèmes environnementaux. Elles ont développé un discours dénonçant l'accumulation des richesses et la croissance économique incontrôlée, tout en défendant une économie en harmonie avec la nature et les besoins personnels des individus. Ce sont plus spécifiquement leurs critiques du capitalisme et leur vision globale des problèmes environnementaux qui ont eu une influence importante sur les débats ayant conduit à la construction du développement durable.

⁴⁶ Bertrand Zuideau, « La démondialisation pour le développement durable ? », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 3, n°1 | Mai 2012, mis en ligne le 23 mai 2012, consulté le 18 juin 2012. URL : <http://developpementdurable.revues.org/9198>

Grâce à l'utilisation de nouveaux répertoires d'actions, ces organisations ont été des relais médiatiques de documents tels que le premier rapport du Club de Rome, le numéro spécial de *The Ecologist* intitulé «Blueprint for Survival» ou le rapport non officiel de Barbara Ward et René Dubos intitulé «Nous n'avons qu'une terre». Sans ce relais, on peut estimer que les discours n'auraient pas eu le même impact.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'influence de ces organisations est restée limitée et subjective. D'abord, parce que les définitions d'un développement durable radical ont été très vite évincées, l'exemple de la mise à l'écart du concept d'écodéveloppement, jugé trop critique vis-à-vis du libéralisme économique, étant significatif. Ensuite, parce que ce sont les ONG conservationnistes, et non pas les ONG environnementalistes, qui ont codifié la notion mondialisée de développement durable.

11.2 Après-Rio : l'institutionnalisation des ONG

Avec le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, les ONG ont participé à l'inscription sur l'agenda international du développement durable, avec les sous-thématiques qui lui sont reliées, comme le « genre », les « peuples autochtones » ou la « biodiversité ». Tous les secteurs dans lesquels œuvrent les ONG ont été concernés: environnement, humanitaire, défense des droits, etc. En même temps, la notion de développement durable, thématique devenue malléable, s'est propagée sur la planète par le biais de programmes ou de législations, comme l'Agenda 21 européen. Cette diffusion a aussi été facilitée, provoquée ou accompagnée par deux faits majeurs marquant les années quatre-vingt-dix : la multiplication du nombre d'ONG et l'émergence de normes et de programmes internationaux auxquels les législations nationales doivent se conformer.

Si les ONG émergent véritablement sur la scène internationale dans les années 90, elles ne représentent qu'une catégorie d'acteurs, dits « non étatiques », qui voient leur rôle s'accroître dans les relations internationales, jusqu'alors dominées par les acteurs étatiques. Elles ont aussi une spécificité de taille, celle de s'être légitimées en nouvelle société civile mondialisée ayant la capacité d'inscrire sur les agendas internationaux les intérêts des populations locales, ou encore des thématiques dites « secondaires ».

La multiplication du nombre des ONG s'explique par l'afflux de fonds qui ne passent plus par les États, mais par une forme de gouvernance prônée en particulier par la Banque mondiale. Elles deviennent, dans de nombreux États africains ou sud-américains, de véritables agences prenant en charge les questions sociales. Cette montée en puissance des ONG s'observe encore grâce à la multiplication des sommets internationaux qui ont suivi Rio et qui ont permis la rencontre d'acteurs locaux dans un cadre international et les ont familiarisés avec des thématiques mondialisées.

Les temps des conférences illustrent une prise de conscience mondialisée des ONG. Ainsi, celles-ci ont ressenti la nécessité de participer à ces sommets du fait de leur réflexion en interne ou de leur environnement institutionnel, tout en ayant une difficulté à repérer leurs rôles, puisqu'elles sont tantôt des partenaires de politique internationale, tantôt des outsiders mis à l'écart des négociations. Au nom de la gouvernance, elles se voient rangées avec les

firmes multinationales dans la catégorie des acteurs non étatiques. De plus, les ONG environnementalistes d'envergure internationale ont perçu que leur capacité à porter « la voix des sans-voix » - comme certaines le proclament - ne peut se réaliser sans se saisir des nouvelles opportunités offertes par les institutions supranationales. Ainsi, les ONG éprouvent le besoin d'être présentes dans les couloirs des institutions internationales, comme ceux de l'Union européenne, qui développent des programmes d'environnement (Agenda21).

Les ONG jouent leur rôle d'opposants aux lobbies économiques en rappelant sans relâche les principes de développement durable et en dénonçant le retard des États à appliquer les textes internationaux. D'une position proactive, mettant sur les agendas internationaux des normes de développement durable, elles prennent une position réactive consistant à rappeler constamment à l'ordre les acteurs à propos de leurs pratiques. Le développement durable apparaît ainsi dans de nombreuses plates-formes revendicatives.

11.3 La crise d'identité des ONG

Si, par la thématique du développement durable, les ONG ont réussi à diffuser des modes de représentation qui ont pu former la base de revendications altermondialistes, il ne faut pas en conclure qu'elles représentent uniformément un pôle de contre-pouvoir ou de contestation. Au tournant du XXI^e siècle, dans un contexte d'internationalisation des groupes d'intérêt, de démultiplication des espaces publics et dans un environnement de contestations altermondialistes, l'ambiguïté de l'expression «développement durable» justifie des actions antagonistes. (cf. point 2 Un concept ambigu)

Cet aspect a été notamment visible lors de la préparation du Sommet du développement durable, à Johannesburg, avec l'intrusion des intérêts économiques dans la gestion de la gouvernance mondiale. Participer à des sommets, où la confusion entre intérêts privés et publics est constante, a été diversement assumé par les ONG dont les positions oscillent entre celle du WWF, très conciliant vis-à-vis des intérêts des 110 entreprises, et celle de Greenpeace, qui conteste la «façade verte» des entreprises affichant le développement durable dans leur communication.

Les ONG ont dû, au fil des dernières décennies, apprendre à gérer des programmes environnementaux de plus en plus lourds, tout en bataillant dans une arène internationale en mutation. Cela a participé de l'ambiguïté de leur rôle et de la variété de leurs positions.

11.4 Quelle légitimité pour les ONG ?

La diversité des rôles investis par les ONG depuis une décennie ne doit pas faire oublier que leur légitimité continue de poser question dans un contexte d'institutionnalisation forte et de centralisation renforcée. Les critiques se multiplient. Tout d'abord, une ligne de fracture se dessine entre les «grosses» ONG, qui peuvent mobiliser la ressource de la langue (l'anglais) et les ressources médiatiques et financières, et les autres. Les ONG européennes et du Sud ont pu déjà constater avec amertume, à Johannesburg, leur position secondaire.

En outre se pose la question de la place des ONG dans les mouvements de contestation. Les rapports distanciés avec le monde syndical, qui, pourtant, porte également le développement durable, ou avec le mouvement altermondialiste interrogent en interne les

ONG environnementalistes, qui soutiennent des causes de plus en plus sociales et économiques.

En externe, les ONG sont contestées par les États qui peuvent critiquer leur tendance à une forme d'ingérence proche de celle de l'humanitaire, par les firmes multinationales, qui remettent en cause leur représentativité), et par les mouvements de contestation, qui soulignent en revanche leur institutionnalisation croissante. Ainsi, les ONG, porteuses d'espoir à Rio, soutenues par le credo de l'émergence de la société civile, se retrouvent qualifiées de carriéristes, d'entrepreneuses en mobilisation, d'organisations sans légitimité démocratique. Bien que toutes ces critiques proviennent d'abord de leurs détracteurs (États, firmes multinationales), des voix en interne s'élèvent pour exprimer l'incompréhension face à des modes de fonctionnement quasi bureaucratiques.⁴⁷

⁴⁷ Denis Chartier, Sylvie Ollitrault. Chapitre 4. ONG et développement durable · les liaisons dangereuses In : Le développement durable : enjeux politiques, économiques et sociaux » La Documentation française N°5226 (Paris, 2006) ISSN 1763-6191. 143 pages. Disponible en ligne : https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers20-05/010035229.pdf

Chapitre III : Norme ISO 14001 et son rapport à l'entreprise

1. Évolution de l'attitude des entreprises vis-à-vis de la protection de l'environnement

La crise environnementale qui sévit aujourd'hui dans le monde entier a interpellé de façon toute particulière les entreprises qui sont au centre de l'organisation socioéconomique des sociétés modernes. En réponse aux discours sur le développement durable, l'écodéveloppement, la gestion des ressources naturelles et le respect de l'environnement, les entreprises se sont progressivement mobilisées et ont commencé à se doter de codes de pratiques éthiques et environnementales. Cette mobilisation ne s'est pas faite du jour au lendemain : on peut distinguer cinq phases dans l'évolution de l'attitude des entreprises à l'égard de la question environnementale.

Pendant les années 1950, on peut aisément parler d'ignorance, alors que la société industrielle battait son plein dans l'euphorie de l'après-guerre et la période des trente glorieuses. Mais en 1961 aux États-Unis, le *New Yorker* publiait des extraits d'un ouvrage percutant sur les effets néfastes du DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane « insecticide ») : *Silent Spring*, de Rachel Carson, qui a marqué le début d'une conscience populaire qui n'allait cesser de croître.

Pendant les années 1960, des groupes contestataires se sont multipliés pour dénoncer non seulement les dommages environnementaux provoqués par la production industrielle, mais aussi les pratiques monopolistiques de certaines entreprises, et plus largement les modèles consumériste et productiviste. En réponse à ce qui prenait la forme de véritables accusations, l'entreprise s'est tout d'abord contentée de nier les effets néfastes de la production industrielle sur l'environnement.

Vers les années 1970 s'est engagé un véritable débat, les gouvernements ont adopté un corpus de plus en plus imposant de législations environnementales et les entreprises ont dû faire face à de nouvelles responsabilités écologiques.

L'application du nouveau corpus réglementaire et la persistance de la question environnementale au sein de la société ont contribué à une prise de conscience de la communauté d'affaires au tournant des années 1980. Certaines entreprises reconnurent non seulement l'existence de l'enjeu écologique, mais aussi le fait que l'industrie joue un rôle dans la détérioration de l'environnement. À partir de ce moment, des entreprises avant-gardistes développent un discours écologiste et prennent position en faveur de la cause environnementale.

C'est pendant la décennie 1990, à la faveur d'une généralisation de la prise de conscience écologique, que les gens d'affaires se mobilisent en vue de contribuer à l'avènement d'un développement durable. En 1996, l'International Standard Organisation

(ISO) adopte la norme ISO 14001 et marque le début d'une reconnaissance internationale de la gestion environnementale.

À partir des années 2000, on peut dire que le principal défi ne concerne plus la reconnaissance de la problématique environnementale ni l'engagement formel des entreprises, mais bien l'amélioration sensible de leur performance environnementale.⁴⁸

2. Présentation de l'ISO et de la famille ISO 14000

L'ISO est l'Organisation internationale de normalisation. Les 160 membres qui la composent sont les instituts nationaux de normalisation de pays grands et petits, industrialisés, en développement et en transition, dans toutes les régions du monde. La collection de l'ISO compte actuellement plus de 18 000 normes, qui représentent des outils concrets pour les trois volets – économique, environnemental et sociétal – du développement durable.

Dans le domaine de l'environnement, pour répondre aux besoins de toutes les parties prenantes – entreprises commerciales, industrie, gouvernements, organisations non gouvernementales et consommateurs – l'ISO a adopté une approche à multiples facettes.

L'ISO a élaboré des normes qui aident les organisations à adopter une approche proactive de la gestion des questions environnementales: la famille ISO 14000 des normes relatives au management environnemental, applicables dans tout type d'organisme public ou privé (entreprises, administrations, services publics).

2.1 Origine

Le comité technique **ISO/TC 207**, Management environnemental, est responsable de l'élaboration et de la mise à jour des normes de la famille ISO 14000. La collection actuelle du comité compte 21 Normes internationales publiées et d'autres types de documents normatifs. Neufs documents nouveaux ou révisés sont en préparation.

L'ISO/TC 207 a été créé en 1993 à partir de l'engagement de l'ISO à contribuer à réaliser l'objectif du « développement durable » formulé à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, à Rio de Janeiro.

La famille des normes ISO 14000 pour le management environnemental a ainsi été lancée pour servir de boîte à outils pratique permettant d'aider à la mise en œuvre d'actions à l'appui du développement durable.

2.2 Compatibilité

Il a été reconnu d'emblée que **l'ISO/TC 207** devrait coopérer étroitement avec **l'ISO/TC 176**, Management et assurance de la qualité – le comité technique de l'ISO chargé des normes de management de la qualité de la famille ISO 9000 – dans le domaine des systèmes de management, de l'audit et de la terminologie correspondante. Des travaux

⁴⁸ GENDRON, Corinne. La gestion environnementale et la norme ISO 14001. Nouvelle édition [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2004 (généré le 08 juin 2018). Disponible sur Internet : <https://books.openedition.org/pum/10669>. ISBN : 9791036502484. DOI : 10.4000/ books.pum.10669.

concluants ont été réalisés pour assurer la compatibilité des normes ISO 14001 et ISO 9001. Leur utilisation par des organismes souhaitant mettre en œuvre les deux systèmes de management serait ainsi facilitée, dans leur propre intérêt et dans celui de leurs clients et de leurs parties prenantes. Les travaux ont abouti notamment à l'établissement d'une norme commune (ISO 19011) donnant des lignes directrices pour l'audit des systèmes de management environnemental et/ou qualité.

2.3 Une participation mondiale

Au niveau de sa composition, l'ISO/TC 207 est, de tous les comités techniques de l'ISO, celui qui réunit le nombre le plus élevé de membres. Il représente un éventail de membres aussi étendu que diversifié, signe de l'intérêt que les activités de ce comité technique suscitent au niveau mondial.

2.4 Domaine des travaux de l'ISO/TC 207

Les documents publiés et les activités en cours de l'ISO/TC 207 concernent les domaines suivants :

- Systèmes de management environnemental
- Audit d'environnement et investigations environnementales associées
- Évaluation de la performance environnementale
- Étiquetage environnemental
- Analyse du cycle de vie
- Communication environnementale
- Aspects environnementaux de la conception et du développement de produit sans les normes de produit
- Aspects environnementaux dans les normes de produit
- Termes et définitions
- Gestion des gaz à effet de serre et activités associées
- Mesures de l'empreinte carbone des produits.

La famille des normes ISO 14000 reflète un consensus international sur les bonnes pratiques environnementales et les bonnes pratiques économiques qui peuvent être appliquées par les entreprises du monde entier dans leur contexte spécifique.

2.5 Normes adoptées

ISO 14001 : est le cadre le plus largement reconnu dans le monde pour les **systèmes de management environnemental (SME)**. Elle aide les entreprises à la fois à mieux gérer l'impact de leurs activités sur leur environnement et à démontrer une gestion environnementale saine. Plus de la moitié des 160 membres nationaux de l'ISO ont adopté l'**ISO 14001** comme norme nationale. Son application est encouragée par les pouvoirs publics dans le monde entier. La certification de conformité à ISO 14001 n'est pas une exigence de la norme, pourtant, à la fin 2007, 154 572 certificats étaient dénombrés dans 148 pays et économies.

ISO 14004 : est une norme complémentaire, fournit des lignes directrices et des explications utiles pour l'application d'ISO 14001.

ISO 19011 : Les audits environnementaux sont des outils importants pour évaluer si un SME est mis en place et tenu à jour de manière appropriée. La norme relative à l'audit, **ISO 19011**, est utile tant pour les audits de SME que les systèmes de management de la qualité. Elle fournit des lignes directrices sur les principes de l'audit, les programmes de gestion des audits, la conduite des audits et la compétence des auditeurs.

ISO 14040 : la norme ISO 14001 ne concerne pas seulement les aspects environnementaux des processus de l'organisation, elle s'intéresse également à ceux de ses produits et services. L'ISO/TC 207 a élaboré des outils complémentaires pour aider à traiter ce type d'aspects. L'analyse du cycle de vie (ACV) est un outil pour identifier et évaluer les aspects environnementaux des produits et services « du berceau à la tombe » (des ressources d'entrée à la mise au rebut du produit et aux déchets occasionnés). Ainsi, **ISO 14040** donne des lignes directrices sur les principes et la conduite de l'analyse du cycle de vie qui permet à l'entreprise de déceler comment réduire l'impact d'ensemble de ses produits et services sur l'environnement.⁴⁹

- **Amélioration ISO 14001**

Cette norme a récemment fait l'objet d'une révision dont les principales améliorations concernent l'importance accrue du management environnemental dans les processus de planification stratégique de l'organisme, le renforcement de l'implication de la direction et un engagement plus ferme en faveur d'initiatives proactives destinées à stimuler la performance environnementale.

Toutes les normes ISO sont réexaminées régulièrement en vue de leur révision éventuelle pour s'assurer qu'elles conservent toute leur pertinence pour le marché. **ISO - 14001:2015** répondra aux toutes dernières évolutions, y compris la prise de conscience croissante, par les entreprises, de la nécessité de tenir compte des éléments externes et internes qui ont une influence sur leur impact environnemental comme la volatilité climatique et le contexte concurrentiel dans lequel elles opèrent. Les révisions apportées sont également destinées à garantir la compatibilité de la norme avec d'autres normes de systèmes de management.

ISO - 14001:2015 prévoit désormais les exigences suivantes :

- L'importance accrue du management environnemental dans l'orientation stratégique de l'organisme
- Une plus grande implication de la Direction
- La mise en œuvre d'initiatives proactives pour préserver l'environnement de tout préjudice et toute dégradation, telles que l'utilisation de ressources durables et l'atténuation des effets du changement climatique

⁴⁹ Organisation internationale de normalisation © ISO « La famille ISO 14000 des normes internationales pour le management environnemental ». ISBN 978-92-67-20500-7. Genève (2009). 12 pages. Disponible en ligne : https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/fr/theiso14000family_2009.pdf

- L'adoption d'une perspective de cycle de vie pour veiller à ce que les aspects environnementaux soient abordés de la conception jusqu'à la fin de vie
- L'introduction d'une stratégie de communication axée sur les parties prenantes

Comme la norme révisée suit la même structure que les autres normes de systèmes de management, avec des termes et des définitions communs, l'intégration de différents systèmes de management est également facilitée.⁵⁰

3. Les défis de la mise en œuvre de l'ISO 14001

Les firmes multinationales jouent un rôle moteur dans la croissance et l'internationalisation de la norme. Pour ces entreprises, ISO 14001 ne représente pas seulement un argument commercial mais également un outil de gestion interne. La norme peut en effet constituer un outil de standardisation, de contrôle et de reconnaissance des pratiques de gestion environnementale à l'intérieur même de l'entreprise et pas seulement auprès des acteurs externes. Cette démarche de standardisation et de systématisation de la gestion environnementale soulève cependant de nouveaux défis pour ces multinationales.

3.1 Contraintes budgétaires

En premier lieu, si des économies peuvent résulter de la mise en œuvre de la norme, cette dernière représente des investissements non négligeables. La réalisation de la documentation, la formation du personnel, les opérations d'audits et de certification, ou encore le développement des outils de mesure des performances environnementales mobilisent du temps et des moyens qu'il convient de ne pas sous-estimer. La multiplication des sites certifiés à l'échelle d'une entreprise multinationale doit donc être l'objet d'une planification financière minutieuse.

3.2 Disparité des certifications à travers les pays

En second lieu, le nombre d'entreprises certifiées demeure très disparate suivant les régions du monde. Ainsi, l'Europe et les pays asiatiques regroupent plus de 80 % du nombre de certifications alors que l'Amérique du Nord en représente moins de 7 %. La comparaison entre les pays montre des disparités encore plus marquées.

Ainsi, en avril 2000, les quatre premiers pays en nombre de certifications, le Japon, l'Allemagne, la Suède et le Royaume-Uni, représentaient à eux seuls près de 50 % des entreprises mondiales certifiées. Le Japon regroupait quant à lui plus de 60 % du total des certifications dans les pays asiatiques. Enfin, dans de nombreux pays d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Europe de l'Est, le nombre d'entreprises certifiées est inférieur à dix, voire inexistant. Il est probable que la mondialisation des économies et la politique de standardisation adoptée par de nombreuses firmes multinationales réduisent peu à peu ces écarts. Cependant, les disparités observées montrent que les motivations qui poussent à adopter la norme varient sensiblement d'un pays à l'autre. Quelles que soient leurs causes, ces

⁵⁰ Organisation internationale de normalisation © ISO « Une introduction à la norme ISO 14001:2015 » ISBN 978-92-67-20648-6. Genève (2015).12 pages. p. 3-6. Disponible en ligne : https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/fr/introduction_to_iso_14001_fr_ld.pdf

disparités peuvent compromettre la pertinence d'une politique d'implantation indifférenciée du système ISO 14001. Dans les pays où la norme est peu développée, une telle politique risque en effet d'apparaître comme inadaptée aux besoins locaux.

3.3 Incompatibilités culturelles et organisationnelles

Le troisième défi à relever est d'ordre culturel et organisationnel. Reposant sur une logique procédurière et sur le modèle de gestion traditionnel de type «planifier, organiser, diriger, contrôler», la norme ISO 14001 tend à imposer un mode d'organisation monolithique qui reflète les valeurs occidentales d'ordre et de rationalité. Ces valeurs ne sont pas nécessairement adaptées aux besoins des entreprises qui envisagent d'adopter la norme. Par exemple, les pays anglo-saxons ont une forte tradition de règles écrites et de relations contractuelles. Ces cultures à «faible contexte de communication», selon l'expression de Hall (1989), sont un terrain fertile pour le développement de la logique procédurière de la norme ISO 14001. Les cultures des pays africains ou latino-américains sont au contraire caractérisées par un mode de communication plus implicite et donc de prime abord moins perméable au processus d'implantation des standards ISO. L'acuité des problèmes d'analphabétisme dans certains pays peut également compromettre les efforts de mise en œuvre et de suivi de la documentation sur lesquels repose le système ISO 14001.

Pour contourner ces difficultés, les firmes multinationales peuvent adopter une politique d'implantation progressive, privilégiant dans un premier temps les installations situées dans les pays qui semblent les plus perméables aux propositions de la norme. Une autre approche consiste à apporter une aide (conseils, audits, financement...) aux filiales qui envisagent de mettre en œuvre ISO 14001, en laissant cette décision à la discrétion des responsables locaux. Cette démarche plus décentralisée tend à favoriser l'adaptation de la norme aux besoins locaux et à réduire les coûts d'une implantation généralisée. Elle risque néanmoins d'apparaître comme une politique de «laisser-faire» en regard des questions environnementales, soumises à la discrétion de responsables d'installations et d'un contexte local quelquefois peu sensible aux enjeux écologiques.

Cependant, quelle que soit la politique adoptée par le siège social, la décision de promouvoir ou non un système de gestion environnementale de type ISO 14001 ne dépend pas seulement de l'environnement international de l'entreprise. Il convient également de considérer l'efficacité intrinsèque de la norme et les enjeux qui peuvent conduire à sa mise en œuvre.

4. Les attentes face à la norme

L'amélioration des performances environnementales ne constitue pas le principal objet de la norme ISO 14001. Parce que ce système vise avant tout à promouvoir des pratiques de gestion plutôt que l'atteinte de résultats précis, il n'apporte aux organisations certifiées aucune garantie d'amélioration concrète de leur situation environnementale.

Dans une étude réalisée sur ce thème auprès d'environ 80 cadres et employés du groupe Alcan impliqués dans la gestion des questions environnementales, la plupart des répondants

se sont montrés très perplexes à propos des bénéfices écologiques de la norme ISO 14001 (Boirai, 1998). Les avantages attendus concernaient principalement le contrôle des pratiques environnementales (rigueur, suivi, contrôle des coûts, etc.) et la réponse à des attentes externes (pressions du marché, image de l'entreprise, etc.).

Les principaux enjeux externes exprimés par les répondants sont :

- La réponse aux exigences des pouvoirs publics ;
- La reconnaissance externe (promouvoir l'image verte de l'entreprise) ;
- Le développement d'un avantage compétitif commercial ;
- L'accès aux marchés (critère de sélection des fournisseurs).

Les motivations internes les plus souvent exprimées sont :

- La méthode de gestion : apporter plus de rigueur et de cohérence à la gestion des questions environnementales.
- La motivation du personnel : la norme ISO 14001 est susceptible d'améliorer la fierté et la mobilisation des employés.
- La réduction de certains coûts associés aux problèmes environnementaux : gestion des déchets, réduction de la consommation d'énergie et d'eau, économies de matières, etc.
- L'innovation technologique : remises en cause des méthodes de production et introduction de nouveaux procédés moins polluants et plus efficaces.

Ces motivations montrent que la norme ISO 14001 peut répondre à des attentes fort différentes et qui ne font pas l'unanimité chez les dirigeants. Ainsi, les pouvoirs publics et les groupes écologistes ne reconnaissent pas tous au même titre l'utilité et la pertinence de la norme. De même, les pressions commerciales en faveur de l'adoption de la norme demeurent encore sporadiques. Au niveau des enjeux internes de la mise en œuvre de la norme, les attentes en termes d'innovation technologique et de réduction des coûts sont somme toute assez faibles. Enfin, les améliorations des méthodes de gestion et de la motivation du personnel sont loin d'être partagées par tous les dirigeants.

5. Les paradoxes de l'intégration de la norme

Si la norme répond à certaines attentes, elle suscite également des craintes à l'intérieur des entreprises. Les études empiriques réalisées dans l'industrie de l'aluminium montrent que ces craintes touchent principalement la lourdeur bureaucratique de la norme et les risques de conflits avec la philosophie de gestion de l'entreprise (Boirai, 1998).

La lourdeur bureaucratique concerne en particulier la documentation des procédures et des instructions de travail exigées par ISO 14001. La réalisation et la mise à jour de cette documentation impliquent inévitablement l'établissement de règles écrites auxquelles les individus doivent se soumettre. Dans l'esprit de nombreux gestionnaires, cette formalisation profite davantage aux auditeurs chargés de vérifier la norme qu'aux entreprises. Comme l'explique un dirigeant d'une usine d'électrolyse :

« Il faudrait rester moins centré sur la bureaucratisation du système et davantage sur ses performances. Si on implante ISO 14001 seulement dans l'optique de la certification, cela implique des audits et des auditeurs. Et qui dit auditeur, dit preuves et donc papiers. La lourdeur d'ISO 14001, c'est la paperasse » (Boirai, 1998).

Les propositions de la norme semblent par ailleurs en contradiction avec plusieurs tendances majeures au sein de la gestion des entreprises. Bien que les dirigeants disposent d'une assez grande flexibilité dans la mise en œuvre de la norme, aucune recommandation n'incite par exemple à promouvoir la participation ou la consultation du personnel à propos des questions environnementales. Le système de gestion proposé se limite plutôt à énoncer des lieux communs du management traditionnel que l'entreprise se doit d'adopter à la lettre pour éviter les « non conformités » qui pourraient compromettre l'obtention de la certification. Ainsi, de nombreux dirigeants craignent que la conformité à la norme compromette l'esprit d'équipe, de collaboration, de responsabilisation qui a été lentement instauré avec les employés.

Ces effets pervers montrent que, quels que soient les enjeux externes à l'origine de la mise en œuvre de la norme, les propositions de cette dernière peuvent être en conflit avec les pratiques et les besoins internes de l'entreprise. De façon symétrique, la norme peut être perçue comme un outil de gestion utile et efficace sans que sa mise en œuvre soit l'objet de pressions ou d'incitatifs externes précis. Le niveau d'intégration de la norme dans les pratiques quotidiennes de l'entreprise dépend de l'intensité de ces enjeux internes et externes. Quatre situations peuvent être envisagées.

5.1 Intégration rituelle

L'adoption de la norme peut répondre à des pressions ou à des opportunités externes (demande des clients, recherche d'un avantage concurrentiel, amélioration de l'image ou des relations avec les pouvoirs publics), sans que les dirigeants ou les employés soient convaincus de la pertinence interne du système de gestion proposé. Les exigences de la norme peuvent être considérées comme incompatibles avec la philosophie de gestion de l'entreprise ou encore avec la culture locale.

5.2 Intégration mobilisatrice

Lorsque l'adoption de la norme répond à la fois à des besoins internes et externes, son intégration dans les pratiques de gestion est grandement facilitée. Le système ISO 14001 revêt une dimension stratégique. Il permet, d'une part, de répondre à des opportunités ou à des menaces externes et, d'autre part, de satisfaire des besoins de gestion interne.

5.3 Intégration proactive

L'absence d'incitatifs externes ne doit pas dissuader les organisations d'adopter la nouvelle norme. D'une part, les pressions du marché ou du gouvernement peuvent se développer ultérieurement. La mise en œuvre de la norme peut donc avoir un rôle préventif et ne pas viser, à court terme, l'obtention de la certification.

D'autre part, les propositions de la norme peuvent répondre essentiellement à des besoins internes : mise en œuvre d'une politique environnementale, meilleur suivi des procédures environnementales, formation et communication interne.

5.4 Intégration réactive

Lorsque les motivations internes et externes sont faibles, la mise en œuvre de la norme est difficilement envisageable, sinon en réaction à des changements inattendus. Ces changements peuvent se manifester au niveau de la demande des clients, de l'attitude des pouvoirs publics ou encore de la concurrence. De même, les perceptions des dirigeants et des employés sur ce système ne sont pas figées et peuvent évoluer en faveur de la norme.⁵¹

6. Conclusion

Adoptée par plus de 30 000 entreprises à travers le monde, la norme ISO 14001 a connu une croissance rapide depuis son lancement en 1996, en particulier dans les entreprises multinationales. À l'image des normes ISO 9000 dont il reprend les grandes articulations, le nouveau standard dans les systèmes de gestion environnementale semble appelé à s'imposer comme une sorte de passeport pour accéder à certains marchés. Il permet également d'affirmer la responsabilité sociale de l'entreprise et apporte un cadre structuré à la gestion des questions environnementales des entreprises. Le développement d'ISO 14001 accompagne enfin le mouvement de mondialisation des économies, qui exige l'adoption de standards internationaux facilitant les échanges et la communication entre les pays.

De prime abord, la croissance rapide du nombre de certifications s'inscrit donc dans une logique vertueuse qui devrait, à plus ou moins long terme, faire de la norme ISO 14001 une exigence environnementale et commerciale à laquelle il sera de plus en plus difficile d'échapper dans de nombreux secteurs d'activités. Les entreprises qui adoptent ce standard anticipent généralement ce mouvement et contribuent donc collectivement à concrétiser les pressions auxquelles elles ont préalablement cherché à se préparer. Cependant, ces pressions en faveur de l'adoption du système ISO 14001 n'ont pas que des implications vertueuses. D'une part, la mise en œuvre de ce système implique un investissement, des structures institutionnelles (auditeurs, organisme de certification) et des compétences que nombre d'entreprises, notamment dans les pays en voie de développement, peuvent difficilement se permettre. D'autre part, par sa vocation universelle et son caractère formaliste, ce système ne saurait être adapté à toutes les entreprises, dont la culture, les pratiques de gestion et les défis environnementaux sont trop disparates pour se satisfaire d'un modèle unique. Dans bien des cas, l'adoption de la norme risque donc de se traduire par une intégration rituelle visant avant tout à satisfaire des attentes ou des pressions externes qui sont appelées à se développer avec l'augmentation du nombre d'entreprises certifiées. Enfin, les normes ISO 9000 et ISO 14001 tendent à apparaître comme des « certificats commerciaux » plutôt que comme des systèmes

⁵¹ BOIRAL, Olivier. *Chapitre 5. La norme ISO 14001 : vers une uniformisation des pratiques ?* In : *Développement durable et participation publique : De la contestation écologiste aux défis de la gouvernance* [en ligne]. Montréal : Presses de l'Université de Montréal, 2003 (généré le 27 septembre 2020). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pum/15033>>. ISBN : 9791036513831. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pum.15033>

de gestion au service de la qualité ou de l'environnement. Ainsi, la mise en œuvre d'ISO 14001 ne débouche pas nécessairement sur l'amélioration des performances environnementales et les exigences de la norme à ce sujet demeurent particulièrement floues.

Chapitre IV : Analyse de Cycle Vie

1. Historique

L'apparition des premières réflexions type ACV (LCA: Life Cycle Assessment) remonte à la fin des années 60.

Vers la fin des années 1960, une étude interne réalisée chez Coca Cola pour déterminer qu'elle type d'emballage (en verre, en acier, en aluminium ou en plastiques) était le moins impactant sur l'environnement. C'était une étude qui prenait en compte plusieurs critères différents, devenant une base pour la méthodologie de l'ACV. À partir de ce moment, de différentes entreprises ont commencé à réaliser des études similaires dès le début des années 70.

En 1972, deux rapports sur la demande des ressources et de l'énergie et ces effets à niveau mondial ont été publiés : « Halte à la croissance » et « A Blueprint for Survival ». Ils projettent une déplétion rapide des ressources naturelles et un changement climatique causé par l'excès de déchets et perte d'énergie lors des processus industriels.

La quantification de l'utilisation des ressources et les impacts à l'environnement des produits devient connu comme le bilan écologique en Europe et comme REPA (Resource and Environmental Profile Analysis) aux Etats Unis. Entre 1970 et 1975, le premier choc pétrolier poussa la création de 15 bilans, où une méthode standardisée commença à être développée. Cette méthodologie inclut beaucoup d'hypothèses et techniques qui ont été le sujet d'analyse par l'agence américaine de protection de l'environnement et représentant de l'industrie.

En Europe, les pratiquants de l'ACV ont développé des méthodes aussi efficaces que celles aux Etats Unis. La Commission Européenne créa la direction Générale de l'Environnement en 1973.

À partir de 1988, les déchets solides sont considérés comme un problème mondial, l'ACV se manifeste autant qu'un des outils pour analyser les problèmes environnementaux.

Quelques années plus tard (1991), l'utilisation inappropriée de l'ACV par des entreprises pour promouvoir leurs produits avec des fausses affirmations a amené à la normalisation de l'ACV. La SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) travaille sur le plan scientifique de l'ACV depuis les années 1990 avec des développements méthodologiques réalisés par différents groupes de travail. À partir de là, l'Organisation International de Normalisation introduit la création d'un standards ISO de la méthode d'ACV (ISO 14040).

La première méthode de caractérisation d'impacts a été créée aux États Unis en 1992 : **CML-IA**. De nouvelles modélisations ont été développées depuis : **EDIP**, une méthode Danoise ; **TRACI** par l'agence environnementale étasunienne.

En Europe, les bases de données « génériques » se sont développées avec les premiers logiciels d'ACV : Sima Pro et EIME. De même, la technique de « marketing vert » se répand entre les entreprises et l'ACV devient un recours pour convaincre l'opinion et décideurs.

La période 2000-2010 est considérée comme la décennie de déploiement, la demande pour des ACV s'accroît, ainsi que la demande de méthodes simplifiées nécessitant des moyens d'investissement moindre pour réaliser des études. Cela amène au développement des méthodes d'ACV simplifiées, des méthodes plus spécifiques (monocritères ou mono-étape) qui ont besoin de moins de ressources.

En 2003 la Commission Européenne lance leur Politique Intégrée des Produits (PIP) où ils soulignent l'importance de l'ACV et de la pensée cycle de vie. En réponse, la plateforme Européenne sur l'ACV est créée en 2005. Durant la même période, ensemble avec la SETAC, l'UNEP (United Nations Environment Program) créa l'Initiative pour le Cycle de Vie, cherchant le développement des méthodes de caractérisation des impacts ainsi que la diffusion et l'harmonisation de la méthodologie.

En 2006 la commission européenne lance le projet « CALCAS » (Coordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability) avec le but de structurer les différentes approches et méthodes d'ACV et définir les axes d'amélioration et d'innovation. Un des résultats de ce projet définit les bases de l'ACV social. L'ACV social (en anglais LCSA : Life Cycle Sustainability Analysis) élargit la portée d'une ACV normale en incluant les piliers du développement durable : Environnement, économie, social.

Aujourd'hui, les outils d'ACV ont suivi deux trajectoires divergentes. D'une part les ACV non simplifiées utilisés prioritairement pour la recherche & développement et pour la communication environnementale à travers des Eco-profilés. D'autre part les ACV simplifiés avec une portée réduite mais plus focalisés sur les besoins des entreprises.

Les ACV simplifiés, quant à eux, offrent un moyen aux entreprises d'évaluer la qualité environnementale d'un produit facilement, rapidement et de manière autonome. Ces ACV simplifiés ont une tendance à viser des approches sectorielles pour se démarquer entre elles :

- Bilan Produit, outil d'ACV simplifié gratuit développé par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) créé en 2008, et en ligne depuis 2014 ;
- Foodprint, ACV simplifié pour les produits agroalimentaires créé en 2012 ;
- BEE (Bilan Environnemental des Emballages), outil d'ACV simplifié pour les emballages créé en 2013, créé par Eco-Emballages devenu CITEO Aujourd'hui ;
- Spin-it, ACV simplifié pour les produits textiles créé en 2015.⁵²

⁵² Histoire de l'ACV, récupérée sur pôle éco-conception : <https://www.eco-conception.fr/static/histoire-acv.html>

Historique de l'ACV

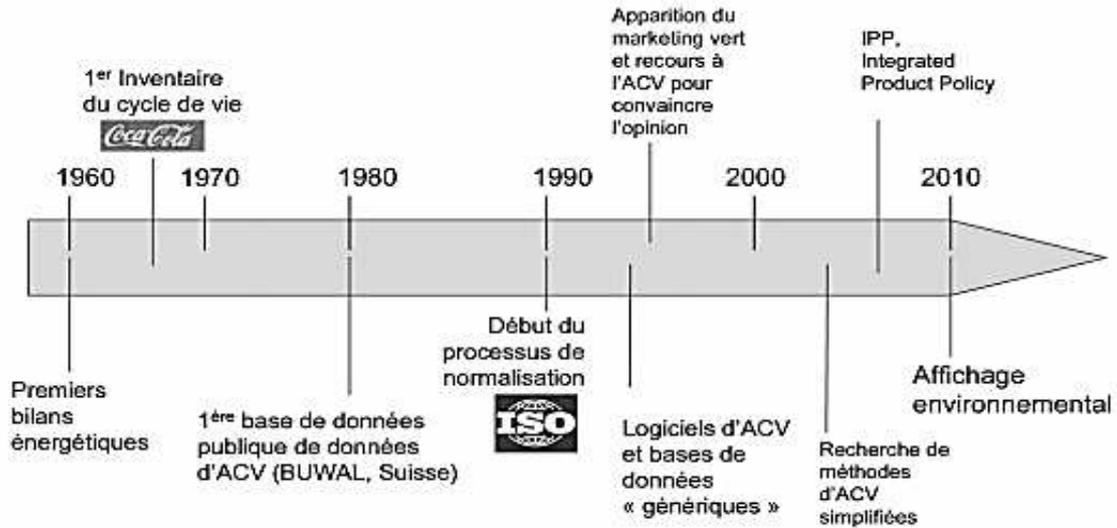


Figure 5 : Historique de l'ACV

2. Définition

L'organisation ISO qui a standardisé la méthodologie de l'analyse de cycle de vie et la définie comme « Une méthode qui étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit, de l'acquisition de la matière première à sa production, son utilisation et sa disposition » (ISO 14040, 1997).

La méthode ACV définit un cadre pour une évaluation environnementale prenant en compte l'utilisation des ressources et des émissions de polluants aux différentes phases du cycle de vie d'un produit : extraction de ses matières premières, transformation, production, utilisation du produit et la mise au rébus. La figure suivante en donne une illustration :

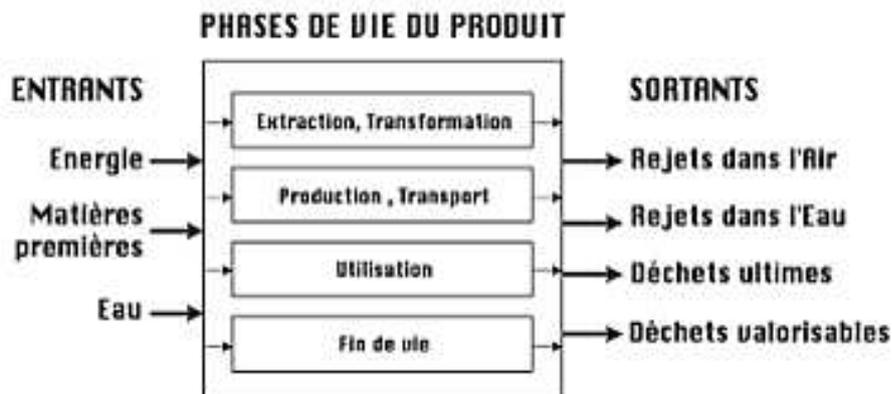


Figure 6 : Phases de vie d'un produit

Comme le décrit le graphique, chaque étape du cycle de vie d'un produit consomme de l'énergie et des ressources et génère un certain nombre de polluants vers les eaux, l'air et le sol ainsi que des nuisances telles que le bruit et les déchets.

Il est important de noter que la phase de transport ne se limite pas à une seule étape du cycle de vie mais constitue un lien entre les différentes étapes. En effet, un minerai peut faire l'objet de transport de la mine d'où il a été exploité à l'usine de transformation, puis à l'usine de production et ainsi de suite jusqu'au dépotoir ou à l'usine de recyclage.⁵³

3. Principe

La norme ISO 14040 (ISO 2006b) définit sept principes généraux qui aident à mieux comprendre les objectifs d'évaluation environnementale qui mènent à l'utilisation de la méthode ACV, citons brièvement :

- **Perspective du cycle de vie** : Il faut considérer l'ensemble du cycle de vie d'un produit, de l'extraction des matières premières au traitement en fin de vie. L'expression « du berceau à la tombe » est fréquemment utilisée pour illustrer cette perspective.
- **Intérêt environnemental** : seuls les aspects environnementaux doivent être considérés dans ce type de modélisation. Les impacts sociaux et économiques sont généralement à l'extérieur du cadre des études ACV. Il ne faut cependant pas oublier que les aspects environnementaux sont, dans ce type de modélisation, reliés à l'activité humaine.
- **Approche relative et unité fonctionnelle** : La modélisation est relative à l'unité fonctionnelle (UF) qui définit la fonction des scénarios évalués. Tous les résultats d'une modélisation ACV (inventaire cycle de vie, impacts environnementaux) dépendent de cette UF et les analyses doivent donc s'y référer. Il faut considérer la plus grande proportion possible du système nécessaire à la réalisation de cette fonction définie par l'UF.
- **Approche itérative** : Chaque phase d'une ACV est réévaluée en fonction des résultats des autres phases. L'itération de la modélisation doit contribuer à la complétude et à la cohérence de l'étude. Une approche itérative permet aussi de commencer par une modélisation grossière qui sert à l'identification des aspects importants nécessitant une modélisation plus fine permettant d'atteindre les objectifs d'une étude.
- **Transparence** : Présentation ouverte, complète et compréhensible des informations. Ce principe est important puisque les études ACV sont complexes et requiert de nombreuses hypothèses. Il est alors difficile d'en analyser la pertinence si certaines informations sont dissimulées.
- **Complétude** : Une étude ACV doit présenter les effets sur l'environnement, la santé humaine et les ressources naturelles afin d'identifier des compromis possibles et d'évaluer le système avec une perspective transversale. En d'autres mots, les résultats

⁵³ Gisèle Belem « L'analyse du cycle de vie comme outil de développement durable » sous la direction de Jean-Pierre Revéret et Corinne Gendron. ISBN 2-923324-29-3. Les cahiers de la Chaire – collection recherche No 08-2005. Bibliothèque nationale du Québec, août 2005. 54 pages. P12. Disponible en ligne : <http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/docs/pdfCahiersRecherche/08-2005.pdf>

d'une étude ACV doivent renseigner tous les impacts environnementaux pertinents pour répondre à l'objectif d'amélioration du système.

- **Priorité de l'approche scientifique** : Les décisions prises dans le cadre d'une ACV se basent de préférence sur les sciences de la nature limitant le nombre de décisions reliées à des choix de valeurs. Les sciences économiques, sociales et les conventions internationales peuvent aussi être utilisées si les sciences de la nature n'offrent pas de guide.⁵⁴

4. Normes ISO 14040 – 14043

Aujourd'hui, l'ACV est défini par les normes internationales ISO 14040 (1997) à 14043 (2000), qui spécifient le cadre, les principes généraux ainsi que les exigences pour la réalisation d'ACV, et la communication relative à ces études.

La norme ISO 14040 « management environnemental – Analyse du cycle de vie – principes et cadre » décrit les caractéristiques essentielles de l'ACV et les bonnes pratiques de conduite d'une telle étude. Il s'agit d'une sorte de document dont la lecture est relativement aisée.

- La norme 14040 étant la principale, les trois autres normes décrivent plus précisément chaque étape d'une ACV.
- La norme 14041 porte plus particulièrement sur la définition de l'objectif, du champ de l'étude et sur l'analyse de l'inventaire.
- La norme 14042 précise les principales caractéristiques de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie.
- La norme 14043 fournit des exigences et des recommandations pour mener l'interprétation du cycle de vie.⁵⁵

5. Méthodologie

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation environnementale, leurs emplois diffèrent selon l'échelle étudiée, les objectifs recherchés et les utilisateurs potentiels. L'analyse du cycle de vie est une approche « produit » ou « filière » qui va permettre de comparer les modes de production et de consommation, d'identifier les transferts de pollution et de mieux prendre en compte l'environnement dans les systèmes de production. Cette méthode s'adresse aux pouvoirs publics, aux entreprises, aux institutions, aux distributeurs, aux consommateurs, etc.

Pour la mise en œuvre de la méthode, un cadre méthodologique a été défini et formalisé en normes ISO 14040 à 14043 (ISO 1997, 1998a, 1998b, 2000). Il comprend quatre étapes schématisées dans la figure ci-dessous :⁵⁶

⁵⁴ D.Beloin Saint-Pierre « Vers une caractérisation spatiotemporelle pour l'analyse du cycle de vie » thèse de doctorat spécialité énergétique. Directeur de thèse I. Blanc. P2-2.2013, Paris.

⁵⁵ N.Boeglin & D.Veuillet « Introduction à l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) ».Note de synthèse externe. ADEME, Département Eco-Conception& Consommation Durable (Mai 2005). 13pages. p.5. Disponible en ligne : https://ressources.fondation-uvved.fr/Cours_CRATerre/media/noteacvexterne.pdf

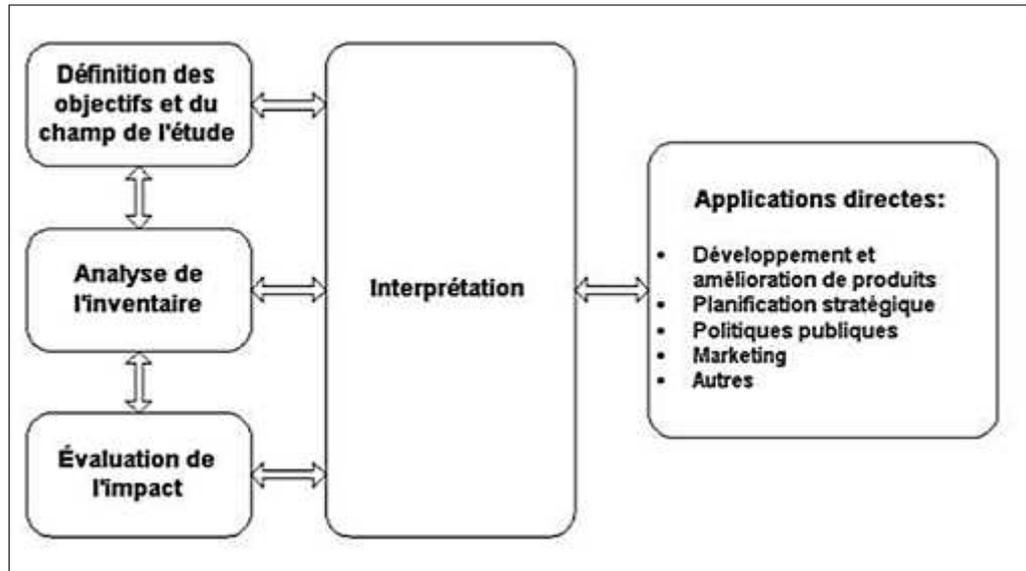


Figure 7 : Cadre méthodologique de l'ACV

5.1 Phase 1 : La définition du champ et des objectifs de l'étude

Définir les objectifs d'une ACV consiste à répondre, de façon claire et le plus explicitement possible aux questions : Pour qui ? Pour quoi ? C'est-à-dire mettre en exergue d'une part les destinataires de l'analyse et d'autre part les raisons qui poussent à cette analyse.

Selon le commanditaire, les objectifs d'une étude peuvent être très diversifiés (politique, scientifique, etc.). Par exemple, une entreprise peut chercher à évaluer la performance environnementale de ses produits, un politicien peut chercher un outil d'aide à la décision pour l'octroi d'une subvention. Enfin, l'objectif peut être simplement de faire progresser la compréhension des problèmes environnementaux liés à un produit.

D'après la norme ISO 14001, l'objectif d'une ACV consiste à définir la ou les applications envisagées de l'étude, les raisons pour lesquelles on souhaite réaliser l'étude et le public auquel les résultats seront communiqués.⁵⁷

Suivant la norme ISO 14040, les principaux éléments à définir dans le champ de l'étude sont :

- les systèmes,
- les fonctions de ces systèmes,
- l'unité fonctionnelle,
- les frontières de chaque système étudié,
- les hypothèses et les données,

⁵⁶ LOISEAU Eléonore « Les méthodes d'évaluation des impacts environnementaux liés aux usages de l'eau » AgroParisTech-ENGREF, Equipe ELSA (Environmental Lifecycle and Sustainability Assessment), Montpellier (Janvier 2010). 18pages. p. 6. Disponible en ligne : https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/45/225216/225216_doc.pdf

⁵⁷ Meriem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de Master en Génie Mécanique, sous la direction de Daoud Ait Kadi. Université Laval, (Québec, 2020). 99 pages. p. 16. Disponible en ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

- les exigences sur les données,
- les limitations,
- les catégories d'impacts prises en compte,
- les méthodes d'évaluation de ces impacts,
- le type de revue critique.

L'ACV étant une méthode itérative, la description du champ de l'étude est évolutive en fonction des avancées et des contraintes de l'étude (nouvelles données, problèmes en cours d'étude, introduction de nouveaux acteurs...). Le champ de l'étude doit satisfaire les exigences imposées par les objectifs.⁵⁸

A cette étape, il y a un certain nombre de paramètres qui permettent de constituer une base de comparaison pour plusieurs produits. Sont ainsi définis : la fonction du produit, l'unité fonctionnelle, les flux de références, les scénarios de comparaison et les frontières du système.⁵⁹

5.1.1 Fonction, unité fonctionnelle (UF) et flux de référence

D'après la norme ISO, l'unité fonctionnelle se définit comme suit : « Performance quantifiée d'un système de produits, destinée à être utilisée comme unité de référence dans une ACV »

Lorsqu'une ACV est réalisée, le service qui préside à la définition de l'unité fonctionnelle est rarement bien exprimé. Ainsi, afin d'identifier quelle est une solution meilleure qu'une autre pour l'environnement, on ne s'intéresse pas au produit directement, mais à la raison de son existence : Sa fonction. Le produit n'étant qu'un vecteur matériel pour répondre à une fonction d'usage.

En effet, pour répondre à une fonction il est possible de proposer plusieurs très différentes solutions techniques. Par exemple, une liaison entre deux villes peut être réalisée par une ligne de train, une autoroute, un métro, un système par câble, une liaison en bus, une voiture autonome, etc.

Il est donc nécessaire de déterminer une Unité Fonctionnelle (UF) commune à l'ensemble des produits comparés. On utilisera l'UF pour pondérer et introduire sur une base commune les résultats d'une ACV. L'UF permet de comparer des analyses et pouvoir faire un choix.

- **Détermination d'une unité fonctionnelle**

Étape 1 : Détermination de la fonction du produit

Les fonctions du produit/service doivent être clairement spécifiées et caractérisées en termes de performance, lors de la définition du champ d'étude de l'ACV. Un système peut avoir une fonction principale, ainsi que des fonctions secondaires.

⁵⁸ Sébastien Renou, Analyse du cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées, thèse de doctorat, spécialité génie des procédés et des produits. P56.2006.France.

⁵⁹ Thomas Dandres, développement d'une méthode d'analyse du cycle de vie conséquentielle prospective macroscopique : évaluation d'une politique bioénergie dans l'union européenne à l'horizon de 2052. Thèse de doctorat spécialité génie chimique. P.05.2012.Canada

Dans un projet d'ACV, la fonction principale du produit est la fonction dont on a besoin pour déterminer l'unité fonctionnelle.

Étape 2 : Qualification de la fonction en vue de la transformer en UF

L'UF doit répondre aux questions : « Quoi ? Combien ? Comment ? Combien de temps ? »

Afin de rédiger l'UF, elle doit être constituée des éléments suivants :

- Un verbe d'action pour préciser la fonction ;
- Un nom pour préciser sur quoi agit la fonction ;
- Une durée de vie ;
- Si nécessaire, une qualification complémentaire pour préciser un dimensionnement ou gamme de produit.

Afin que la fonction désirée soit remplie, il faut définir le flux de référence : la quantité nécessaire du produit pour répondre à l'unité fonctionnelle.

Exemple : Si on souhaite comparer deux voitures :

Une première voiture A, a une durée de vie de 150 000 km et une seconde voiture B de 300 000 km.

Alors, pour remplir la même fonction de 300 000 km, il faudra 2 voitures A et une seule voiture B. Ainsi, on ne compare pas 2 voitures, mais l'usage de deux modèles de voitures différentes. La voiture n'est que le vecteur matériel pour répondre au besoin de parcourir 300 000 km.

Exemple d'unité fonctionnelle issue d'une ACV :

Stylo bille/stylo plume : écrire sur une distance de 90km (comparaison de 30 stylos bille/1 stylo plume + 150 cartouches d'encre en phase d'utilisation).⁶⁰

Dans cette étape, on détermine également le *flux de référence*, c'est-à-dire le nombre de produits ou de systèmes nécessaires pour répondre à la fonction. Un exemple de flux de référence est (dans le cas d'une étude comparative de deux produits) : "Pour une peinture de bonne qualité (nécessite seulement 2 couches en 20 ans) : 5 kg. Pour une peinture de moins bonne qualité (nécessite 3 couches en 20 ans) : 7 kg."

5.1.2 Les frontières de système

D'après ISO 14040 (2006), ces frontières définissent le cycle de vie du produit, ainsi que les différents flux à chaque étape ;

- Les flux élémentaires : matière ou énergie entrant dans le système étudié, qui a été puisée dans l'environnement sans transformation humaine préalable, ou matière ou énergie sortant du système étudié, qui est rejetée dans l'environnement sans transformation humaine ultérieure ;

⁶⁰ <https://www.eco-conception.fr/static/fonction-unite-fonctionnelle-acv.html>

- Les flux intermédiaires : flux de produit, matière ou d'énergie intervenant entre des processus élémentaires du système de produits étudié.

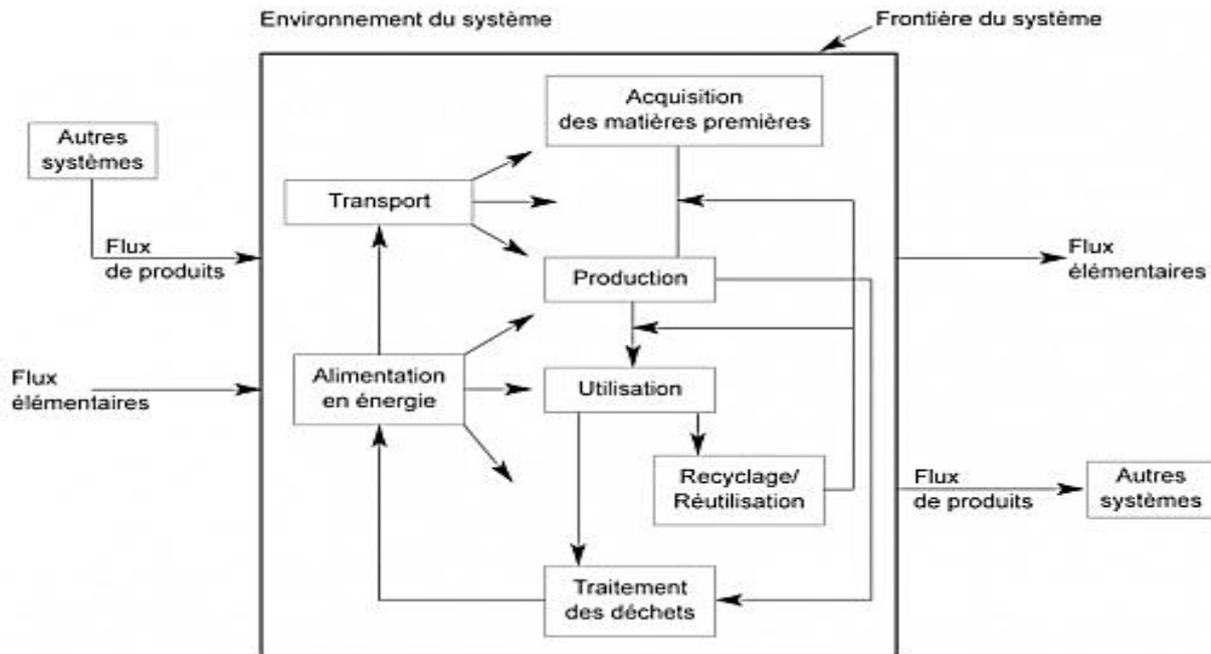


Figure 8 : Schéma de frontières d'un système (ISO 14040, 2006)

L'ensemble des quantités renseignées sont ramenées à l'unité fonctionnelle choisie ainsi qu'à son flux de référence. Pendant cette phase, il est déjà possible d'identifier des indicateurs de flux, comme l'énergie consommée (bilan énergétique), la consommation d'eau, etc. Mais on ne parle pas encore d'indicateurs d'ACV ou d'indicateurs d'impacts.

5.1.3 Exigences relatives à la qualité des données

Collecter des informations dépend des objectifs de l'étude. Cependant, l'organisation internationale de normalisation donne certains critères :

- ✓ Les facteurs temporels : âge des données et durée minimale pendant laquelle il convient que les données soient collectées ;
- ✓ La géographie : zone géographique où il convient que les données des processus élémentaires soient recueillies pour satisfaire aux objectifs de l'étude ;
- ✓ La technologie : technologie spécifique ou mélange de technologies ;
- ✓ La fidélité : mesure la variabilité des valeurs données pour chaque donnée exprimée (par exemple la variance) ;
- ✓ La complétude : pourcentage des flux mesurés ou estimés ;
- ✓ La représentativité : évaluation qualitative du degré auquel l'ensemble des données reflète la situation réelle (par exemple géographie, période de temps et de technologie) ;
- ✓ La cohérence : évaluation qualitative de la manière dont la méthodologie de l'étude s'applique uniformément aux différents composants de l'analyse ;

- ✓ La reproductibilité : évaluation qualitative du degré auquel les informations concernant la méthodologie et les valeurs de données permettent à un réalisateur indépendant de reproduire les résultats signalés dans l'étude ;
- ✓ Les sources de données ;
- ✓ L'incertitude des informations, par exemple des données, des modèles et des hypothèses.⁶¹

5.1.4 Limites du système

Les limites du système sont définies comme étant les processus élémentaires à inclure dans le système étudié. Il est nécessaire d'établir des limites compatibles avec les objectifs de l'étude et qui peuvent également ensuite être affinée à partir des premières résultats. Dans tout les cas, quelques soit les décisions prises (omettre quelques étapes du cycle de vie, des processus ou des entrées/sorties), elles doivent être dûment justifiées. Les règles de coupure utilisées pour définir les limites du système doivent également être justifiées afin de garantir l'exactitude et la représentativité des résultats obtenus.⁶²

5.1.5 Typologie des ACV

Lorsque plusieurs études d'ACV sur le même produit donnent des résultats différents, surtout, lors de l'opposition des justifications des différentes méthodologies ayant mené à ces résultats, des travaux de recherches ont commencé afin de comprendre ces cas, qui a donné naissance à une typologie des études d'ACV et se catégorises en deux types :

- 1) **L'ACV attributive**, en anglais : « Attributional LCA, Restrospective LCA, Accounting LCA, LCA with an accounting perspective », son principe est d'établir un bilan exhaustif d'un système.
- 2) **L'ACV consécutive**, en anglais : « Prospective LCA, Change-oriented LCA, LCA modeling the effects of change », a pour ambition de décrire les effets que pourra avoir un changement au sein du système étudié.⁶³

5.2 Phase 2 : L'inventaire du cycle de vie (ICV)

Aussi dit, Inventaire des émissions et des extractions, concerne tous ce qui relève du recueil et du traitement des données. La norme ISO 14040 définit cette phase comme : « la compilation et la quantification des intrants et des extrants d'un produit ou d'un système de produits sur l'ensemble de leur cycle de vie ».

D'une manière générale, l'inventaire s'agit de quantifier, en premier, le flux (économiques et élémentaires) associés à chaque processus élémentaire et les mettre à l'échelle en fonction du flux de référence. Les données des émissions et extractions liées à ces intrants sont ensuite recherchées et mises en rapport avec l'unité fonctionnelle. Enfin, les

⁶¹ Bertrand Laratte, Evaluation dynamique et cumulatives des impacts environnementaux dans le cadre d'une analyse du cycle de vie. Thèse de doctorat spécialité développement durable. Directeur de thèses M.B.Guillaume.P.31.2013.France

⁶²L.Zabalza, A.Aranda, S.Scaarpellini, Manuel explicatif de l'analyse du cycle de vie appliqué à la construction : Analyse du cycle de vie pour l'efficacité énergétique des bâtiments, Projet EnerBuiLCA.P.16.2012.

⁶³ Anthony Benoist, Eléments d'adaptation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie aux carburants végétaux : cas de la première génération. Thèse de doctorat spécialité Energétique, dirigé par Denis Clodic. P.27.2009.France.

émissions et les extractions totales sont agrégées en sommant les flux élémentaires et les émissions et extractions indirects de même nature. Par exemple, toutes les émissions de CO₂ de tous les processus élémentaires sont additionnées en une seule valeur.

Selon ISO 14040, le calcul de l'inventaire s'effectue tel que : ⁶⁴

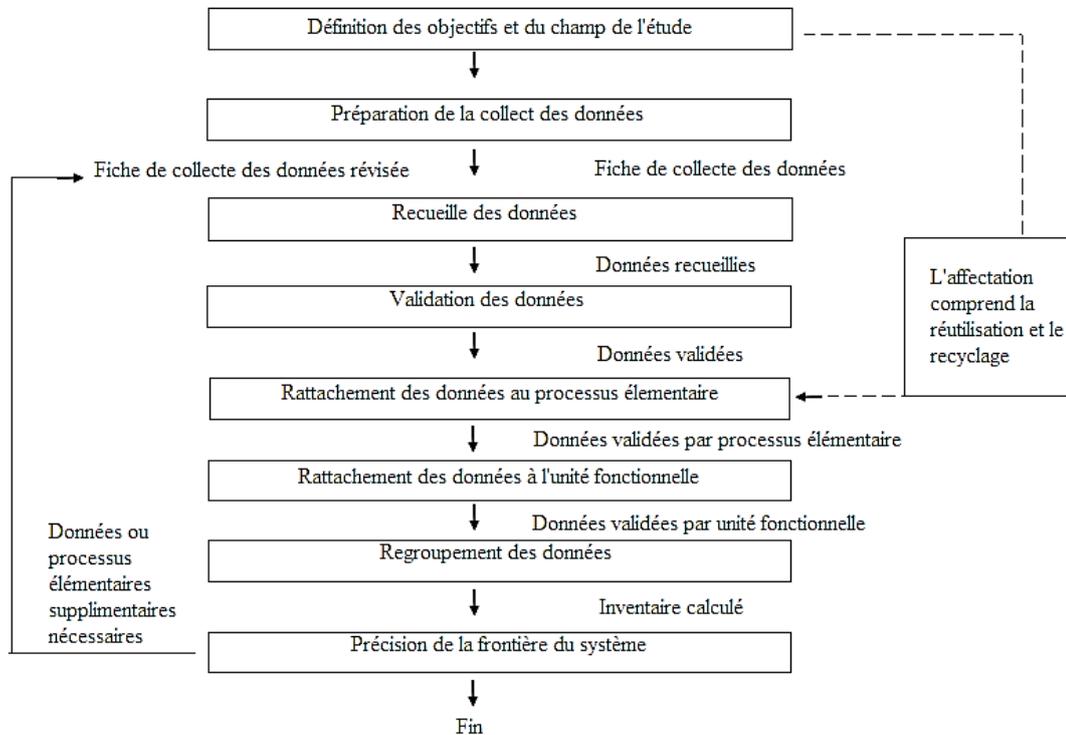


Figure 9 : Procédure de calcul de l'inventaire.

5.2.1 Le processus élémentaire : élément de base pour la collecte de données

Les diagrammes des flux des processus élémentaires et la description détaillée de chacun de ses processus, nous permet de disposer des informations nécessaires à la collecte et aux calculs des données. Chaque processus élémentaire inclus dans les limites du système est considéré comme une boîte noire (figure IV.6) pour laquelle les flux économiques et élémentaires seront déterminés et modélisés côté entrée et côté sortie.

⁶⁴ Meriem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de Master en Génie Mécanique, sous la direction de Daoud Ait Kadi. Université Laval, (Québec ,2020). 99 pages. p. 74-76. Disponible en ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

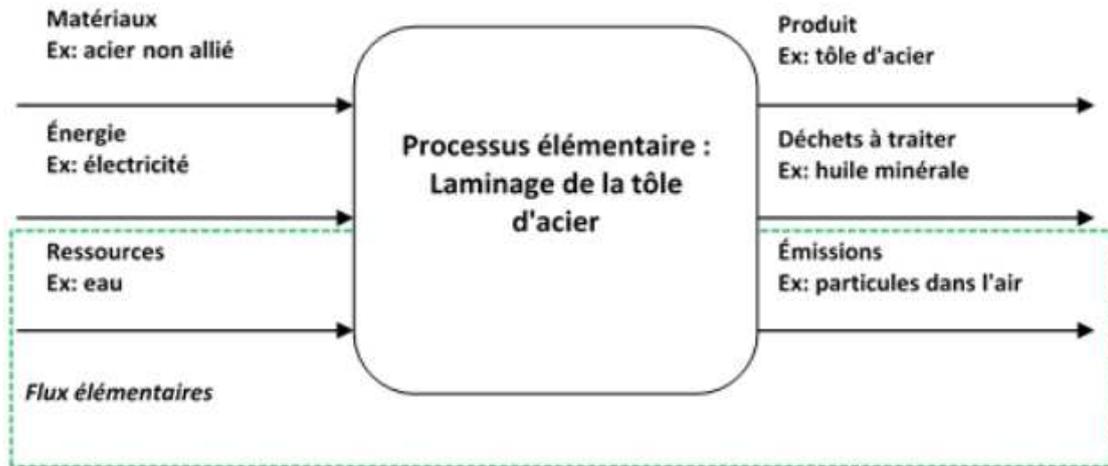


Figure 10 : Exemple de processus élémentaire - laminage de la tôle d'acier.

Les intrants incluent les flux élémentaires tels que les ressources matérielles et énergétiques, l'utilisation des sols, les flux de produits tels que les vecteurs énergétiques, les produits chimiques et les matériaux, les consommables, les pièces et composants, les produits semi-finis, les produits complexes et les services de tous types, etc. L'ensemble des intrants constitue ce qu'on appelle un inventaire de production. Les flux de sortie considérés dans un ICV sont les déchets générés, les produits et coproduits, les émissions dans l'air, l'eau ainsi que d'autres aspects environnementaux pouvant être pertinents tels que le bruit, les déchets naturels, etc.⁶⁵

5.2.2 Les données d'ACV

5.2.2.1 Type de données

Il existe trois types de données pouvant être utilisées pour développer les données de processus élémentaire (figure 11) à savoir : les données d'émissions directes du processus, les données d'activités de l'entreprise et les facteurs d'émission (données scientifiques).

- **Données sur les émissions directes** : elles proviennent des installations réelles et sont déterminées par un programme de surveillance continue de ces installations, un programme d'échantillonnage ponctuel, la stœchiométrie, le bilan de masse ou des méthodes similaires. Par exemple, il est possible de déterminer les émissions d'une réaction chimique à l'aide d'une équation stœchiométrique.
- **Données d'entreprise (ou d'activité)** : elles regroupent les flux de référence, c'est-à-dire, les quantités de produits nécessaires pour remplir la fonction du produit. Ce sont des mesures quantitatives liées au processus qui peuvent être mesurées, modélisées ou calculées. Les données d'activité peuvent être classées en deux catégories :
 - o Les données de production (Joules d'énergie consommée, kilogrammes d'un matériau, etc.).

⁶⁵ Meriem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de Master en Génie Mécanique, sous la direction de Daoud Ait Kadi. Université Laval, (Québec, 2020). 99 pages. p. 28-29. Disponible en ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

- Les données financières (par exemple le coût du combustible consommé dans un processus).
- **Facteur d'émission** : il est défini comme un taux moyen d'émission d'une source polluante relative à une unité productive. Il permet de convertir les données d'activité en quantités d'émissions de substances contribuant à diverses catégories d'impact.⁶⁶

5.2.2.2 Sources des données

Les données d'un processus élémentaire peuvent être issues directement de l'entreprise (données primaires) ou à partir de bases données (données secondaires).

- **Données primaires** : Pour les processus d'avant plan c'est-à-dire les processus sous le contrôle de l'entreprise commanditaire de l'ACV (processus de production, transport, etc.), les données utilisées sont généralement des données primaires. Elles peuvent être obtenues par des mesures effectuées directement sur le processus, à partir du système d'information de l'entreprise ou auprès d'opérateurs par des entretiens ou des questionnaires, etc.
- **Données secondaires** : Pour les processus d'arrière-plan non spécifiques au produit étudié et pour une partie des processus d'avant plan, la collecte de données se fait en ligne en utilisant des données secondaires provenant de sources de données public, telles que d'autres études d'ACV, des rapports d'associations industrielles et des statistiques nationales, ou encore des bases de données commerciales.

5.2.3 Qualité des données

L'évaluation de cette qualité ne se réfère pas à une unique échelle de valeur mais bien en contraire les paramètres impliqués par cette notion sont nombreux et variés :

- La précision des données qui, par exemple, peut prendre la forme d'une gamme de variabilité ou d'une incertitude de mesure ;
- Leur origine, qui peut être spécifique à un site ou générale via une base de données, une publication scientifique ou un rapport annuel par exemple, ponctuelle ou moyenne à partir de plusieurs relevés, dont il faut alors préciser le nombre et la fréquence ;
- Leur date d'acquisition ;
- Leur exhaustivité, en termes de sites, si possible sous forme du pourcentage des sources de données utilisées sur leur nombre potentiel existant ;
- Leur méthode d'acquisition, issues d'une mesure, d'un calcul ou d'une estimation ;
- Leur représentativité, en termes d'espace, de temps et de technologie prises en compte, par rapport au champ de l'étude défini au cours de la première phase de l'ACV ;
- La cohérence entre la méthodologie employée pour obtenir les données, notamment si celles-ci sont issues de bases, et la méthodologie générale définie pour l'étude d'ACV ;
- Leur vérification, via des recoupements de sources ou des avis d'experts du domaine, ou leur reproductibilité, par un tiers, dans le cas de mesures.⁶⁷

⁶⁶ Meriem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de Master en Génie Mécanique, sous la direction de Daoud Ait Kadi. Université Laval, (Québec, 2020). 99 pages. p.31-32. Disponible en ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

5.2.4 Le problème d'affectation

5.2.4.1 Procédé multifonctionnel

Lors d'une étude d'ACV, il est fréquent de faire face d'un cas de processus possédant plusieurs fonctions, dits *multifonctionnels*. Un problème d'affectation apparaît lorsqu'une seule fonction délivrée par un tel processus apparaît dans le cycle de vie considéré, donc le praticien de l'ACV cherche à ne déterminer que la part des impacts du processus attribués à la fonction à laquelle il s'intéresse.

Les processus multifonctionnel ne sont pas nécessairement un problème d'affectation. Tout d'abord, il convient d'analyser plus finement le processus mis en cause afin d'observer s'il peut éventuellement être divisé en sous-processus où ses différentes fonctions deviennent distinctes.

Ensuite, la possibilité d'implications physiques entre les fonctions du processus et les impacts à répartir doit être étudiée. Dans un tel cas, ceux-ci doivent être pris en compte dans la résolution du problème d'affectation si cela s'avère pertinent. Cependant, ces implications ne doivent pas être prises en compte au détriment d'interactions peu ou mal connues, ce qui enlèverait leur pertinence.

Afin de résoudre le problème d'affectation, deux types de procédés sont distingués : le premier dit « combiné » où les volumes de production des différentes fonctions sont indépendants entre eux, et le second procédé dit « joints » ou « communs » où le ratio entre ces volumes est fixé.

5.2.4.2 Subdivision d'un processus

La subdivision d'un processus peut constituer une simplification, voire, en de très rares cas, une résolution, du problème d'affectation.

Selon Mr. Ekvall et Finnveden, la subdivision d'un processus n'est pertinente qu'à la condition que les sous-processus ainsi distingués soient indépendants d'un point de vue à la fois technique et économique. Cela n'est notamment pas le cas des coproduits industriels nécessitant un traitement avant leur valorisation. De plus, ces auteurs relèvent que la mise en œuvre de la subdivision possède une influence sur le raisonnement à tenir pour la résolution des problèmes d'affectation résiduels. En effet, afin de garantir la cohérence de l'approche de résolution du problème d'affectation, la méthode de résolution choisie après application de la subdivision sur le système devrait être fondée sur une implication ou un paramètre physique.

5.2.4.3 Mise en œuvre d'une méthode de résolution

Le choix d'une méthode peut ne pas être unique pour l'ensemble des cas rencontrés au cours d'un cycle de vie. Il est important de noter que l'application de différentes méthodologies de résolution au sein d'une même étude d'ACV n'est pas synonyme

⁶⁷Anthony Benoist. *Éléments d'adaptation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie aux carburants végétaux : cas de la première génération*. Sciences de l'ingénieur [physics]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2009. Français. 226 pages. p. 28-29. Disponible en ligne : <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00005919>

d'incohérence : les incohérences possibles sur le sujet tiennent plutôt à la perte de vue des objectifs au sein de la justification des méthodes, via notamment une tentative de généralisation d'une unique méthode de résolution du problème d'affectation à l'ensemble des affectations rencontrés lors d'une étude d'un ou plusieurs systèmes.

5.2.5 Description des règles d'affectation

5.2.5.1 Règles d'affectation par rapport à un paramètre physique

Le problème d'affectation est résolu en répartissant les impacts entre les produits au prorata du paramètre choisi. Chaque impact du cycle de vie est alors alloué de la même façon. *Exemple de paramètre physique : la masse, le volume, le contenu énergétique, le nombre de moles...*

Cette méthode présente l'avantage de la simplicité d'emploi. L'évaluation du paramètre choisi peut être réalisée assez facilement, voire être déjà effectuée au cours de l'inventaire de cycle de vie pour d'autres raisons, comme la vérification des bilans de masse ou d'énergie. Cependant, la première limitation de cette méthode est qu'elle ne peut s'appliquer qu'à la production de biens concrets et non de services. Enfin, cette règle peut paraître arbitraire du fait que le paramètre d'affectation, à l'exception, généralement, des cas où il constitue un facteur limitant du processus, ne porte en lui-même ni raisonnement logique, ni lien de causalité justifiant les ratios d'affectation appliqués.

5.2.5.2 Règles d'affectation par rapport à un paramètre socio-économique

Les impacts sont répartis entre les différents produits suivant ce paramètre de socio-économique. Il peut alors être d'un ressort plutôt économique, comme le prix de marché du produit ou le coût de production, ou plutôt social, comme le nombre d'utilisateurs du produit ou un certain degré de satisfaction. Comme des méthodes fondées sur un paramètre physique, chacun des impacts du cycle de vie est alors alloué de la même façon.

Le principal avantage de la méthode est qu'un tel paramètre peut refléter, s'il est bien choisi, la raison d'être du produit et/ou du procédé, qui est effectivement généralement d'ordre socio-économique, dans le sens où celle-ci est de répondre à une demande ou d'être source de rémunération.

Contrairement au paramètre physique, ce type de méthode fait appel à des données habituellement plus fluctuantes et moins mesurables compte tenu de leur dépendance avec un marché ou avec une échelle de valeur difficilement mesurable telle que le degré de satisfaction. Il se trouve certaines difficultés dans le cas d'une affectation selon un paramètre économique, comme les distorsions de marchés, néanmoins, plusieurs travaux traitent de la résolution ces cas particuliers. Enfin, des paramètres tels que le prix de marché des produits dépendent de nombreux facteurs, dont certains peuvent ne dépendre ni des propriétés du produit ni de son impact environnemental.

5.2.5.3 Règle d'affectation par impacts évités

Cette mesure aussi dite « par élargissement du système », n'est pas une méthode d'affectation dans le sens où son objectif est d'éviter le problème rencontré, par contre son principe est que toute quantité de produit du système au quel on s'intéresse dans le cadre de l'étude d'ACV mise à disposition sur le marché vient se substituer une quantité équivalente d'un autre produit assurant la même fonction.

Les impacts qu'aurait engendrés ce produit alternatif sont donc autant d'impacts évités par le premier système, que l'on peut donc soustraire au total des impacts de celui-ci.

Cette méthode de substitution s'accompagne donc obligatoirement d'un élargissement des frontières du système de l'étude d'ACV. Cette extension ainsi que le principe de fonctionnement de la méthode sont schématisés sur la figure ci-dessous. Sur celle-ci, l'étude d'ACV porte sur le produit P0 réalisé au moyen du système A. Or, ce système A produit, conjointement à P0, un produit P1 qui vient remplacer sur le marché un produit équivalent P1'. Afin de résoudre le problème d'affectation qui se pose alors, le système B est intégré au système d'étude. Les impacts de cycle de vie relatifs au produit P1' alors calculés sont soustraits à ceux du système A selon une règle d'équivalence entre les produits P1 et P1' afin d'obtenir les impacts de cycle de vie du produit P0.

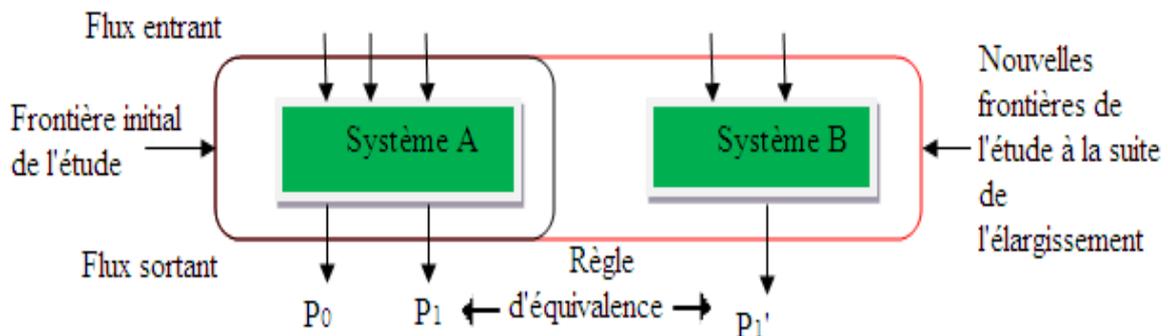


Figure 11 : Résolution d'un problème d'affectation par un élargissement de frontière

5.2.5.4 Autre règles d'affectation

Les trois méthodes précédentes sont les plus courantes, mais ça ne fait pas d'eux les seuls choix. Parmi ces autres mesures, la plus simple d'emploi est l'affectation à la fonction d'intérêt, son principe est d'allouer la totalité des impacts calculés à la fonction étudiée dans le cadre de l'étude d'ACV. Outre sa simplicité d'utilisation, son intérêt est de fournir un résultat représentant, par rapport aux méthodes fondées sur un quelconque critère ou paramètre, la borne supérieure.

Cependant, cette méthodes d'affectation est fortement arbitraire et ne sera préférentiellement utilisée que dans le cadre d'analyses de sensibilité sur une étude d'ACV, ou

dans le cas où il est connu, grâce à des études préalables par exemple, que le choix d'une méthode d'affectation particulière n'aura que peu d'influence sur les conclusions de l'étude.

5.2.6 Lien entre méthodologie de l'inventaire et objectif de l'ACV

Les principales recommandations en termes de méthodologie de l'inventaire du cycle de vie en fonction des typologies mentionnées précédemment (attributif et consécutif) :

5.2.6.1 Qualité des données

Le type de l'étude d'ACV réalisée peut avoir une influence sur le choix des frontières du système, et donc sur la quantité ou le type de données à recueillir. Dans le cadre d'une ACV attributive, l'ensemble des processus du système d'intérêt sera généralement considéré selon un même niveau de détail. Lors de la réalisation d'une ACV consécutive, effectué en vue de comparer plusieurs variantes d'un même système, l'attention sera portée principalement sur les processus modifiés par le ou les changements étudiés ; ceci pourra à la fois permettre de restreindre les frontières par rapport au système initial, et nécessite de les élargir afin d'intégrer des processus extérieurs impactés par les variantes étudiés.

Ensuite, concernant la qualité des données proprement dite, la principale distinction entre les types attributif et consécutif touche à l'origine et la représentativité des données considérées. Puisque sont objet est généralement de décrire le fonctionnement standard d'un système, une étude d'ACV attributive utilisera couramment des valeurs moyennes, spatiales ou temporelles. L'objectif d'une ACV consécutive étant usuellement d'évaluer un impact marginal, les données auxquelles elle fera appel seront plus souvent spécifiques à un site ou à une technologie particulière.

5.2.6.2 Règles d'affectation

Concernant le lien entre typologie des études d'ACV et problématique de l'affectation, les tendances générales peuvent être exprimées de la façon suivante :

- Puisqu'une ACV de type consécutif vise à refléter les conséquences environnementales d'une modification ou d'une décision nouvelle, le problème d'affectation sera préférentiellement résolu par la méthode par impacts évités, qui permet de modéliser les effets réels d'une modification de volume des fonctions associées à la fonction d'intérêt.
- Une ACV de type attributif ayant pour objectif la réalisation du bilan d'un système, la méthode par impact évités n'est généralement pas applicable, la notion de substitution n'ayant que peu de sens dans la description d'une situation fixée ; l'affectation sera alors réaliser selon un paramètre pertinent des différents coproduits. Celui-ci pourra être un facteur limitant de types, tel que la masse ou le volume lors d'un transport commun, ou un paramètre reflétant l'intérêt porté aux différents produits, tel que le contenu énergétique ou la valeur économique. Le choix de ce paramètre dépend très

fortement du cas d'affectation rencontrée ; par conséquent, celui-ci se doit d'être explicitement présenté et justifié.⁶⁸

5.3 Phase 3 : L'évaluation des impacts

Le but de l'évaluation de l'impact est de comprendre et évaluer l'ampleur et l'importance des impacts potentiels associés aux émissions de polluants et des utilisations de ressources répertoriés lors de l'inventaire.⁶⁹

5.3.1 Définition des impacts

Si le cadre conceptuel de l'ACV est unique, avec ses quatre étapes (norme ISO), les différences se concentrent dans la phase de définition des impacts et leur mode de caractérisation. Il existe globalement deux catégories d'impacts, celles dites midpoint (impact au milieu de la chaîne de causalité) qui quantifient les effets globaux des substances émises ou consommées et les méthodes « endpoint » (à la fin de la chaîne de causalité) qui se proposent de quantifier les dommages potentiels qui pourraient en résulter.

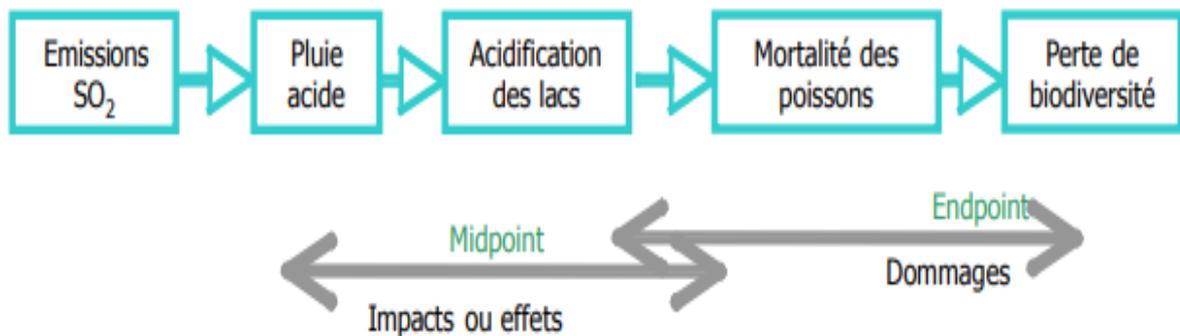


Figure 12 : Cascades d'effets : émission du dioxyde de soufre (Roux 2009)

Il existe une longue liste d'impacts midpoint qui diffèrent selon les méthodologies employées pour l'analyse, mais les plus courants sont : l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone, l'oxydation photochimique, la toxicité, l'acidification, l'eutrophisation, etc. L'avantage des indicateurs midpoint est qu'ils sont plus précis car ils sont au début de la chaîne de causalité (il y a moins d'incertitudes lors de leur quantification), cependant les indicateurs endpoint sont parfois préférés car ils sont plus parlants pour le public non averti.⁷⁰

⁶⁸ Anthony Benoist « Élément d'adaptation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie aux carburants végétaux : cas de la première génération. » Thèse doctorat spécialité énergétique, sous-direction de Denis Clodic. P.28-35. 2009.Paris

⁶⁹ Hayocan derWerf, C.Kanyarushoki, M.Corson « L'analyse de cycle de vie: un nouveau regard sur les systèmes de production agricole. » Article. P.126. 2020. France.

⁷⁰ LOISEAU Eléonore « Les méthodes d'évaluation des impacts environnementaux liés aux usages de l'eau » AgroParisTech-ENGREF, Equipe ELSA (Environmental Lifecycle and Sustainability Assessment), Montpellier (Janvier 2010). 18pages. p.6. Disponible en ligne : https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/45/225216/225216_doc.pdf

5.3.2 Principe et méthodologie

Cette phase est définie selon la norme ISO 14044 en tant que « phase de l'analyse du cycle de vie visant à comprendre et à évaluer l'ampleur et la portée des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits ». Elle a pour but d'interpréter les résultats de l'inventaire des émissions du cycle de vie et de la consommation de ressources afin d'en comprendre la signification environnementale.

L'analyse de l'inventaire permet de déterminer les quantités de matières et d'énergie extraites ainsi que les émissions dans l'eau l'air et le sol. En principe, les substances répertoriées lors de l'analyse de l'inventaire sont de nature différente, ce qui rend leurs comparaisons en termes d'impact une tâche difficile. L'EICV (Evaluation de l'Impact du Cycle de Vie), permet d'agréger ces résultats en un nombre restreint d'indicateurs de manière à faciliter leurs interprétations.

Durant la phase d'évaluation d'impact, les données recueillies lors de l'inventaire sont traduites aussi fidèlement que possible en termes d'impacts potentiels sur ce que l'on appelle les « zones de protection », c'est-à-dire les zones que nous voulons protéger. Selon la norme ISO 14044, l'EICV comporte trois étapes :

- Premièrement, la définition des problèmes environnementaux
- La seconde est l'étape dans laquelle les différentes émissions sont regroupées de manière à montrer quelles émissions contribuent à quel problème environnemental.
- La dernière étape consiste à calculer dans quelle mesure les émissions contribuent au thème environnemental. Cette évaluation des impacts est basée sur les connaissances scientifiques et l'objectif réel. Certaines listes standardisées de catégories d'impact couvrent les thèmes suivants, qui sont plus ou moins identiques à la plupart des approches adoptées dans la littérature sur les ACV.

5.3.3 Les deux sous-parties de cette phase

Cette partie de l'ACV est décomposée de plusieurs sous-parties, où l'ISO 14000 les sépare en deux groupes, obligatoires et facultatives. L'ISO considère que l'agrégation des impacts doit être facultative ; et que les résultats d'une éventuelle agrégation ne doivent pas être rendus publics afin d'éviter les abus et publicités mensongères (une analyse de cycle de vie se base sur de nombreuses approximations, impossibles à faire tenir sur une petite étiquette d'emballage).

5.3.3.1 Les étapes obligatoires

- **Sélectionner et définir les catégories d'impacts**, une liste de catégories d'impact (réchauffement de la planète, acidification, eutrophisation, santé humaine, diminution des ressources ...) semble faire l'unanimité dans la communauté scientifique ;
- **Classification**, sert à classer les impacts de l'inventaire dans des catégories d'impacts, si un produit a des impacts sur deux catégories en même temps, il faudra raisonner plus prudemment afin d'allouer les impacts correctement ;

- **Caractérisation**, permet de mettre sur une même échelle deux polluants différents ayant des effets sur la même catégorie d'impacts. Par exemple, le méthane aura un impact de 21 (l'unité de ce nombre est le « Potentiel de réchauffement global par livre rejetée »), contre 9 pour le chloroforme. Une fois cette étape est effectuée, on dispose d'un indicateur de catégorie qui permet d'observer l'impact d'un produit de consommation ou d'un service, relativement à une catégorie d'impact, selon la règle :

$$\text{Indicateur d'impact} = \text{Données d'inventaire} * \text{Facteur de caractérisation}$$

5.3.3.2 Les étapes facultatives

- **Normalisation**, se fait par rapport à une valeur de référence choisie, afin de ramener les données à une même échelle. Cette valeur de référence dépend des méthodes d'ACV employées. Cela peut être une valeur légale (la quantité maximum de rejets autorisés), une valeur déterminée par une étude (la quantité de polluants admissible par un écosystème ou une valeur légale maximale de taux de pollution) ; ou encore, on peut normaliser en considérant une des actions comme référence (si l'on compare 3 actions A, B et C ; on peut dire que A rejette 40% de ce que rejette C, et B rejette 120% de ce que rejette C) ;
- **Groupe ment**, son but est de grouper les impacts afin de rendre leur interprétation plus aisée (ils peuvent être groupés par ordre d'importance, ou par types d'émissions par exemple).
- **Pondération**, va mener à une agrégation des résultats. Il s'agit de comparer entre elles les différentes catégories d'impact (leur groupement) et de leur assigner une importance. Ensuite les résultats peuvent être agrégés. Cette étape est très subjective, les méthodes utilisées jusqu'à présent ont été des techniques d'évaluation monétaires, d'évaluations par des jurys ; ou encore de comparaison face à des standards ou des objectifs.

Exemple pour impact « acidification ». Tous les produits acidifiants ont été comptabilisés, un modèle a permis de déterminer leur impact dans une unité commune (les protons relâchés), un indicateur est défini. (Figure 05) ⁷¹

⁷¹ Renaud Caillet, Analyse multicritère : étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, série scientifique. P.26-27. 2003. Montréal.

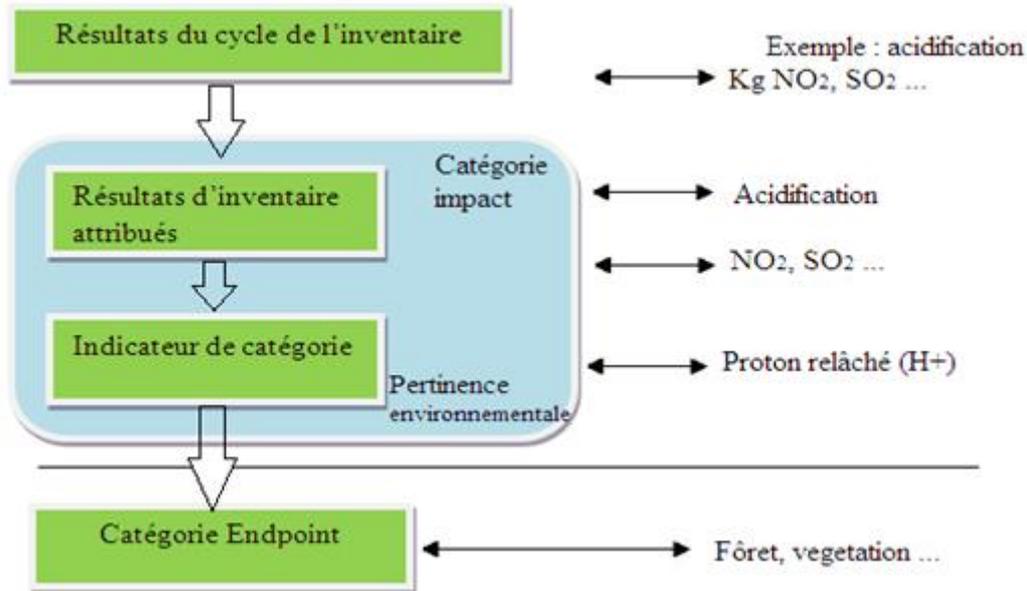


Figure 13 : Exemple pur l'impact Acidification

5.4 Phase 4 : L'interprétation

C'est une étape clé qui évalue la robustesse de tous les résultats, des choix et des hypothèses. Les objectifs initiaux de l'étude sont repris pour évaluer les résultats et proposer des conclusions et des recommandations adaptées.

D'après la norme ISO 14043, la phase d'interprétation comporte trois éléments :

- L'identification des points significatifs des phases de l'analyse de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact du cycle de vie du système (résultats et implications des méthodes utilisées) ;
- La vérification des points significatifs, qui intègre les contrôles :
 - De cohérence : vérifier que les méthodes, les hypothèses et les données utilisées sont en adéquation avec les objectifs ;
 - De complétude : vérifier que toutes les données et informations nécessaires ont été réunies ;
 - De sensibilité : mettre en place des analyses de sensibilité et/ou d'incertitude pour valider la robustesse de certains résultats significatifs.
- Les conclusions et les recommandations découlant de l'étude.⁷²

5.4.1 Indications des enjeux significatifs

La première étape de la phase d'interprétation du cycle de vie consiste à analyser et de structurer les résultats des phases précédentes de l'étude ACV afin d'identifier les problèmes importants du cycle de vie. Il s'agit d'examiner les informations relatives aux trois premières phases du processus d'ACV, incluant les résultats de chaque phase, les méthodes utilisées et

⁷² Sébastien Renou, Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées. Thèse de doctorat spécialité génie des procédés et des produits. P.61. 2006.France.

les hypothèses formulées dans les phases précédentes (les règles d'affectation, critères de coupure, sélection des catégories d'impact, indicateurs et modèles de catégorie, etc.) afin d'identifier les éléments de données qui contribuent le plus aux résultats de l'ACV. Les enjeux significatifs, peuvent être :

- Les données d'inventaire (l'énergie, les émissions, les rejets, les déchets, etc.),
- Les catégories d'impact (l'utilisation de ressources, changements climatiques, etc.),
- Les contributions significatives de certaines étapes du cycle de vie telles que les processus élémentaires individuels ou des groupes de processus, comme le transport ou la production d'énergie.

L'analyse de contribution est l'une des approches recommandées pour déterminer les enjeux significatifs. Elle consiste à examiner et comparer la contribution de chaque catégorie de données d'inventaire (par exemple énergie, déchets), catégorie d'impact (par exemple émissions de gaz à effet de serre, écotoxicité) et de chaque étape du cycle de vie (par exemple contribution du transport au cycle de vie total environnemental) au résultat total pour en déterminer les points sensibles. Les points sensibles permettent de décider des étapes du cycle de vie, des processus et des flux élémentaires qui sont pertinents et qui nécessitent une amélioration. Les avantages de cette approche sont :

- Se concentrer sur les problèmes prioritaires (déchets, eaux, matières préoccupantes, ...)
- Se focaliser sur le bon stade du cycle de vie (l'acquisition, la fabrication, l'utilisation, la fin de vie des matériaux, ...)
- Cibler les bons acteurs (producteurs, fabricants, fournisseurs, détaillants, clients, etc.) pour évaluer, influencer et mettre en œuvre des solutions.
- Affecter les ressources (temps, argent, ...) efficacement aux actions.

L'identification des éléments significatifs est une étape importante qui sert à concentrer les efforts sur l'évaluation, l'exhaustivité, la sensibilité et sur la cohérence de l'étude de l'ACV. Mais aussi pour cibler les éléments sur lesquelles il faut accentuer l'attention afin d'améliorer la performance environnementale du système. En effet les résultats de l'ACV impliquent une grande quantité de données collectées et calculées, sous contraintes de temps et de ressources, il sera plutôt raisonnable d'évaluer que les éléments de données qui contribuent de manière significative au résultat.

5.4.2 Evaluation de la complétude, la sensibilité et la consistance des données

L'objectif de cette étape est de vérifier en fonction de l'objectif de l'étude et de champ de l'étude la validité des résultats des phases précédentes, en mettant l'accent sur les problèmes significatifs identifiés au cours de l'étape d'interprétation.

Il s'agit ici de s'assurer que les résultats de l'ACV et les données nécessaires à l'interprétation sont disponibles et exhaustifs. A cette étape, il faut vérifier si des informations pertinentes manquent ou sont incomplètes, et dans quelle mesure ces informations sont nécessaires pour satisfaire l'objectif et la portée de l'ACV. S'il s'avère que de telles informations ou données sont nécessaires, il faut réexaminer la phase de l'inventaire et d'analyse d'impact. Sinon, il peut être nécessaire d'ajuster la définition de l'objectif et de la

portée pour tenir compte du manque de complétude. Dans tous les cas, il faut justifier et documenter les résultats de cette vérification. Il s'agit de vérifier également si les hypothèses, les méthodes et les données sont cohérentes avec les objectifs et le champ de l'étude. La phase de l'interprétation consiste à évaluer aussi le degré de confiance qu'on peut avoir dans les résultats de l'ACV et de tester la robustesse des résultats et leurs sensibilités aux données, hypothèses et modèles utilisés.⁷³

⁷³ Meriem El Faiz « Analyse du cycle de vie à l'aide du logiciel SimaPro » Mémoire de Master en Génie Mécanique, sous la direction de Daoud Ait Kadi. Université Laval,(Québec ,2020). 99 pages. p. 74-76. Disponible en ligne : <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/40144/1/36111.pdf>

Chapitre V : Applicabilité, avantages et limites de l'ACV

Introduction

L'analyse de cycle de vie est un domaine en forte expansion et qui fait l'objet de plusieurs études depuis son apparition. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la méthodologie de l'ACV est très complexe tant elle cherche à s'imposer comme un outil de référence applicable à tout types de produits (bien ou service). Cependant, plusieurs chercheurs ont pointé du doigt certaines limites à ce système. Dans ce chapitre, nous allons tenter de mettre en avant les différentes démarches réalisées pour faciliter ou élargir les champs d'applications de l'ACV ainsi que les principaux avantages et limites de la méthode concernant ces applications.

1. Les avantages de l'ACV

Le processus étant développé par l'industrie et ses institutions reconnues: CSA, ISO (International Standard Organisation), etc., son utilisation volontaire est importante compte tenu du fait que c'est une norme adoptée internationalement. Les entreprises y voient une occasion de se diversifier et de répondre aux nouvelles exigences de certaines entreprises et gouvernements. Le processus est reconnu internationalement dans le cadre des normes ISO 14000. Il est donc une référence uniforme dans le cadre des exigences de l'économie globale.

Cet outil tient compte des aspects macroécologiques (effet de serre, couche d'ozone, biodiversité, ...), donc planétaires alors que plusieurs outils d'analyses se limitent aux impacts locaux et régionaux.

L'ACV est aussi un outil permettant de se rapprocher de la réalisation du concept de rejet zéro. En effet, en traquant les émissions dans l'ensemble du cycle de vie, elle favorise le développement de produits et processus ne générant aucun rejet. Le développement de technologies propres (efficaces énergétiquement, émettant un minimum d'émissions et n'affectant pas les ressources non-renouvelables) est donc théoriquement possible.

L'ACV met en lumière la consommation énergétique dans l'ensemble du cycle de vie des produits, des processus et des activités, ce qui, dans le cadre du débat public sur l'énergie, est un outil de comparaison fort important. Lorsqu'utilisé, il avantage l'efficacité énergétique, sans toutefois oublier les autres impacts possibles sur l'environnement.

Le fait de visualiser les impacts dans l'ensemble du cycle de vie dans le cadre d'une comparaison de produits, procédés ou activités, permet de prendre des décisions beaucoup plus éclairées et judicieuses pour l'avènement du développement durable.

L'identification de la provenance des matières premières oriente aussi les décisions en matière d'extraction de celles-ci. On sait que les impacts de ces activités d'extraction sont

importants. Le fait de les identifier et d'intégrer ces impacts dans l'évaluation du produit permet d'orienter les politiques d'achats en matières premières.

L'utilisation de l'ACV génère des améliorations pouvant être considérables en matière de mitigation à la source des impacts environnementaux. C'est tout l'inverse des approches de bout de tuyaux.

Permet lors du design d'un produit, procédé ou activité d'anticiper les effets et de rajuster le tir avant de passer à la production. On sait que c'est lors du design que les changements sont les moins dispendieux. De plus, les changements devant être exécutés après l'étape de la production ne peuvent souvent être fondamentaux. Au plus, on tente d'amoinrir les effets, alors que lors du design on peut, lorsque l'on y met les ressources nécessaires, éliminer les effets.

Le processus multidisciplinaire permettant de développer un consensus est, selon nous, la seule façon de résoudre les problèmes environnementaux de façon durable. L'ACV, lorsqu'il inclut l'application des recommandations de ce mémoire, permet l'atteinte de cet objectif.

Ce processus, qui une fois intégré dans une entreprise, peut devenir systématique lors du design de tout produit, procédé ou activité. Cette nouvelle forme de gestion (design pour l'environnement) permettra à l'entreprise de diminuer ses coûts d'analyse d'une ACV à l'autre.

L'utilisation de l'ACV dans le cadre des questions soulevées dans le débat public sur l'énergie, comme, par exemple, outil de comparaison des différentes filières énergétiques, favoriserait l'obtention d'un consensus éclairé.⁷⁴

2. La critique de l'ACV

La principale critique faite à l'endroit de l'ACV est sans contredit la lourdeur d'exécution. En effet, la mise en œuvre de l'ACV nécessite des ressources importantes en temps, en argent et en effectif. Conséquemment, les entreprises évitent de s'engager dans cette lourde procédure, à moins qu'elles y soient contraintes par une législation (PLOUFFE, 1999). Par exemple, dans le but d'opérationnaliser l'éco-étiquetage en 1995, l'AFNOR (Association Française de Normalisation) avait délaissé l'ACV pour la substituer par une méthode matricielle incluant trente critères environnementaux beaucoup plus simples d'utilisation (DAVIS, 1998). Toutefois, l'AFNOR est revenue à l'ACV et utilise aujourd'hui une version dite simplifiée de l'ACV (Streamlined LCA). Il convient d'optimiser l'utilisation de l'ACV à l'aide d'outils plus performants pour arriver à une analyse qui soit raisonnable en termes de coûts et de temps.

D'autres experts reprochent également à l'ACV d'être sujette à trop de subjectivité lors de certaines phases de son application. Ainsi, par exemple, les décisions concernant la

⁷⁴Front Commun Québécois pour une Gestion Écologique des Déchets (FCQGED) « L'analyse du cycle de vie énergétique : Un outil de sélection pour une réduction des déchets à la source ». Mémoire présenté dans le cadre du Débat public sur l'énergie. Montréal (10 août 1995), 48 pages. p.44-45.

Disponible en ligne :

http://www.fcqged.org/wp-content/uploads/2017/05/Memoire_ACV_energetique.pdf

distribution finale des impacts environnementaux reposent trop souvent sur des jugements de valeur qui ne peuvent pas faire l'objet d'une modélisation objective (HEISKANEN et al. 2002). En outre, compte tenu du caractère subjectif des données et de leur interprétation, plusieurs experts en ACV et les organisations (ex.: gouvernements) s'approprient cette méthode et manipulent les données afin qu'elles tournent à leur avantage (DAVIS, 1998). Crettaz & Jolliet (2001) renforcent ce point critique en affirmant que :

« Certaines applications ont parfois suscité de vives critiques, avec l'impression qu'il suffisait de choisir une méthode pour arriver au résultat désiré par le commanditaire de l'étude. » (Crettaz & Jolliet, 2001, p.7)

Comme l'ACV est a priori une méthode quantitative, les données difficilement quantifiables, par exemple, les impacts sociaux ou ceux reliés à la biodiversité, ne sont souvent pas prises en compte. Par ailleurs, l'ACV n'est pas très efficace dans les cas où des produits chimiques, des substances dangereuses, ou encore des organismes génétiquement modifiés (OGM) sont impliqués (Brezet et al. 1999; Heiskanen et al. 2002).

De son côté, Janin (2000) fait remarquer que l'ACV ne considère pas certains aspects qui pourraient s'avérer significatifs, comme les dimensions spatiales et temporelles. Selon lui, l'ACV ne peut faire la distinction entre les pollutions globales (ex.: effet de serre) et les pollutions locales (ex.: acidification), ainsi qu'entre des impacts environnementaux à court, moyen et long terme. De plus, l'ACV ne tient pas compte des réactions en chaîne, bienfaisantes ou néfastes vis-à-vis l'environnement, lesquelles peuvent se produire entre les rejets et les effets provoqués dans les milieux naturels.

Enfin, la transférabilité des données demeure encore aujourd'hui un obstacle à la diffusion de l'ACV. Par exemple, la quasi-absence de données canadiennes force les chercheurs à se tourner vers des bases de données étrangères dont les modèles d'agrégation d'impacts ne sont pas nécessairement adaptés au contexte, ce qui peut remettre en question certaines études effectuées sur des produits et services canadiens. En effet, les impacts environnementaux dépendent notamment des technologies en place et de la réalité physique régionale; les impacts environnementaux varieront selon les sources d'énergie utilisées (énergie nucléaire versus énergie hydroélectrique) et selon le contexte géographique (ex.: présence de lacs ou de forts courants aériens). Ainsi, l'importance accordée à chacune des catégories d'impact (ex. : acidification des cours d'eau) ne peut être la même d'un pays à l'autre. Conséquemment, les chercheurs sont confrontés à deux scénarios: soit ils excluent plusieurs données de l'étude, soit ils utilisent des données étrangères avec le plus de précautions possible. Dans les deux cas, on peut se questionner sur la validité des résultats et des conclusions de l'étude

Par contre, la recherche et le développement sur les ACV est présentement un domaine en pleine effervescence, ce qui permet de croire que ce problème ira en s'atténuant au cours des années à venir.⁷⁵

3. L'analyse de cycle de vie simplifiée (ACVS)

Malgré les nombreuses critiques envers l'ACV, ses avantages sont largement reconnus et amènent les scientifiques à poursuivre leurs efforts pour améliorer cet outil (GRAEDEL, 1998). Bien que l'ACV soit reconnue utile en écoconception, elle est encore rarement utilisée dans le développement de produits, car elle nécessite des ressources trop importantes en terme de temps et d'argent (TISCHNER et al. 2000). C'est pourquoi la communauté d'experts en ACV a été interpellée afin de rendre cet outil à la portée des utilisateurs potentiels (CURRAN & TODD, 1999). C'est ainsi que de nouvelles méthodes d'ACV dites «simplifiées», mais conservant une méthodologie de base déjà reconnue par les experts, sont apparues.

Cette approche de simplification, dans un premier temps, on engendré beaucoup de scepticisme (CURRAN & TODD, 1999). Au fil des années, les experts ont pris conscience que l'ACV dite complète et l'ACVS n'étaient pas deux méthodes distinctes, mais constituaient plutôt un éventail de formes d'ACV plus ou moins simplifiées. En effet, la « frontière » imaginée a priori s'est effondrée et a fait apparaître un continuum des types d'ACV possibles se modifiant selon leur degré de simplification. La Figure 14 illustre ce continuum de l'ACV selon lequel le niveau de détails décroît à mesure que l'on s'approche de l'Ecoscreening (GRAEDEL, 1998, p.88)

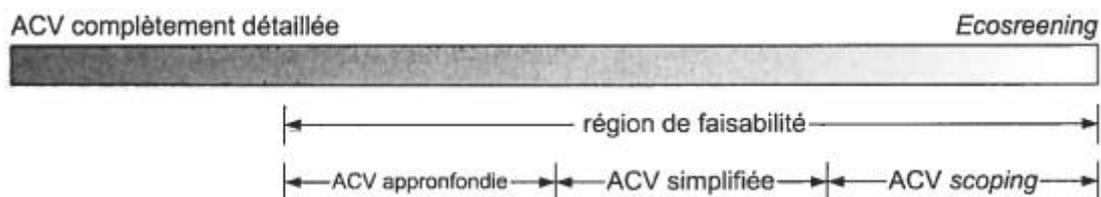


Figure 14 : Le continuum de l'ACV et l'ACVS.

Selon les experts, il n'est pas réellement possible d'achever une ACV de manière complète (pôle gauche de la Figure 14). En effet, une ACV approfondie exige une évaluation quantitative des impacts environnementaux extrêmement rigoureuse et complète. Par contre, l'Ecoscreening exige un minimum d'efforts afin de s'assurer que les choix de conception sont avantageux du point de vue environnemental, ou qu'une évaluation plus approfondie est peut-être nécessaire. Quelque part entre les deux extrémités se trouve l'ACVS qui semble être le compromis idéal: l'évaluation est suffisamment complète et rigoureuse pour guider l'entreprise ou le concepteur dans la bonne direction sans être trop difficile ou impossible à réaliser concrètement (Graedel, 1998).

⁷⁵ Alexandre Leclerc « L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental » Mémoire de Maîtrise ès Sciences Appliquées (M.Sc.A.) en Aménagement option Design & complexité. Université de Montréal (Avril 2004). 186 pages. p. 84-85.

L'ACVS vise en tout premier lieu à identifier les impacts environnementaux majeurs d'un produit à travers tout son cycle de vie, puis à déterminer les priorités d'intervention, pour lesquelles certaines stratégies d'écoconception devront être appliquées. Il existe plusieurs approches d'ACVS qui, généralement, se rapportent toutes à deux méthodes de simplification, soit en mettant de côté certains éléments du système étudié ou en réduisant le nombre d'indicateurs utilisés, soit par des méthodes encore plus qualitatives comme des outils matriciels accompagnés de listes de contrôle (LEWIS & GERTSAKIS, 2001). Tischner et al. (2000) décrivent l'ACVS de la façon suivante :

« Si les priorités d'intervention pour réduire les impacts environnementaux sont claires depuis le début du projet, il est possible d'accélérer l'analyse du produit de référence en considérant davantage les étapes du cycle de vie qui sont les plus pertinentes, et d'évaluer les moins pertinentes de manière moins détaillée. » (Traduction libre) (TISCHNER et al. 2000, p.47)

D'un côté, des méthodes d'ACVS écartent certains éléments du système (ex.: un matériau peu commun) ou mettent l'emphase sur une ou plusieurs étapes du cycle de vie en particulier (ex.: phase d'utilisation). Cette approche n'est valable que dans la mesure où les exclusions sont justifiées par les auteurs de 'étude. À titre d'exemple, les impacts environnementaux d'un produit ayant un long cycle de vie (ex.: moteur, électroménager) sont généralement occasionnés pendant la phase d'utilisation; l'hypothèse affirmant que les impacts majeurs sont dus à la consommation d'énergie autorise l'évaluateur à s'attarder davantage sur cette étape du cycle de vie et de négliger les autres (TISCHNER et al. 2000).

D'un autre côté, des outils tels que certaines matrices et listes de contrôle permettent de réaliser une ACVS recevable beaucoup plus rapidement, même si cette dernière risque d'être moins détaillée. Lewis et Gertsakis proposent des outils de ce type qui se rattachent chacun aux grandes phases de l'ACV, et dont l'ensemble des résultats provenant des quatre outils constitue une forme d'ACVS. Le tableau 6 présente ces quatre outils ainsi que les phases de l'ACV qui leur sont associées.

Tableau 6 : Outils matriciels et phases de l'ACV pour la réalisation d'une ACVS. (Lewis & Gerisakis, 2001)

ACV complet	Outils matriciels de l'ACVS
Définition des objectifs et du champ d'étude	Arbre de procédés (carte du cycle de vie) ou charte des flux de matières + dossier de développement de produit
Analyse de l'inventaire	Matrice d'analyse de l'inventaire incluant les matières, l'énergie et les déchets! émissions Matrice d'analyse de l'inventaire incluant les matières, l'énergie et les déchets/émissions
Évaluation des impacts environnementaux	Matrice d'évaluation des impacts avec l'aide d'indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs)
Interprétation des résultats	Sélection de stratégies d'éco-design avec l'aide des trois autres outils et d'une matrice (faisabilité vs potentiel d'amélioration)

Compte tenu de ce qui a été mentionné précédemment par rapport à l'impossibilité de mener à terme une ACV réellement complète, il apparaît plus raisonnable d'effectuer une ACVS, en convenant et en reconnaissant toutefois ses limites et ses inconvénients (GRAEDEL, 1998). Aussi, quel que soit le type de simplification appliquée à l'ACV, l'ACVS présente des avantages et des inconvénients. Le tableau 7 présente les principaux avantages et inconvénients de l'ACVS relativement à l'ACV complète.⁷⁶

Tableau 7 : Avantages et inconvénients de l'ACVS. (Graedel, 1998)

Avantage de l'ACVS	Inconvénients de l'ACVS
Plus efficace : nécessite quelques jours plutôt que quelques mois.	Moins polyvalente : incapacité de couvrir tous les flux de matières.
Moins coûteuse : réalisable à l'interne d'une entreprise par des employés non spécialisés.	Moins flexible : faible capacité de comparer des approches foncièrement différentes pour répondre au même besoin.
Applicable en amont: réalisable dès les premières phases de conception lorsque les opportunités de modification sont bonnes, même si les données quantitatives sont peu nombreuses.	Moins efficace dans le temps : faible capacité à trouver des améliorations sur une grande échelle temporelle, c'est-à-dire de déterminer si un produit est meilleur que son prédécesseur.

4. La méthode Eco-Indicator 99

Eco-Indicator 99 est une méthode hollandaise qui vise à traduire les impacts environnementaux en une note unique, l'éco-indicateur, exprimée en millipoints (mPf). Version améliorée de l'Eco-Indicator 95, cet outil puissant pour les designers se fonde sur des calculs et des résultats d'ACV.

La description de la méthode Eco-indicator 99 faite par Brezet et Van Hemel affirme que :

« En utilisant ces indicateurs, un designer peut facilement calculer tous les impacts et conduire sa propre ACV (...) L'outil Eco-Indicator se veut une méthode d'ACV destinée à être utilisée directement dans l'usine » (Brezet & Van Hemel, 1997).

Notons également que cette méthode est de plus en plus utilisée pour effectuer des évaluations d'impact. Par exemple, un bureau de consultants en environnement a utilisé la méthode Eco-Indicator 99 afin de déterminer lequel des deux moyens de séchage utilisés après s'être lavé les mains, le papier et le séchoir automatique, était le plus avantageux au plan environnemental (ERM, 2001).

⁷⁶ Alexandre Leclerc « L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental » Mémoire de Maîtrise ès Sciences Appliquées (M.Sc.A.) en Aménagement option Design & complexité. Université de Montréal (Avril 2004). 186 pages. p.86-89

4.1 Les aspects méthodologiques

La première méthode Eco-Indicator publiée en 1995 est fondée sur des données scientifiques relatives à trois types de dommage environnemental: la détérioration des écosystèmes, la détérioration de la santé humaine et la mortalité humaine (BREZET & VAN HEMEL, 1997). De plus, chaque impact est étudié en fonction d'un objectif (Distance Target), soit un niveau d'impact où les dommages sont négligeables et acceptables. La méthode Eco-Indicator 95 est illustrée à la figure suivante.

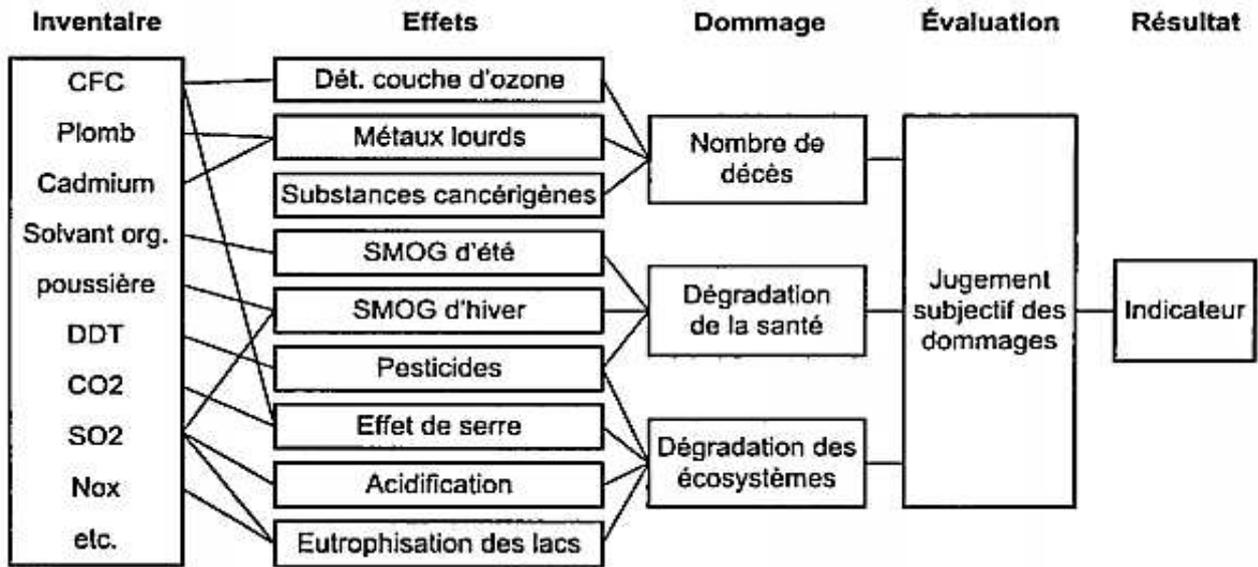


Figure 15 : Schématisation simplifiée de la méthode Eco-Indicator 95 (Goedkoop & Spriensma, 2000).

Cette méthode est largement utilisée, mais présente des lacunes importantes. Par exemple, elle prend difficilement en compte les impacts sur la biodiversité et ceux concernant l'utilisation des sols.

La nouvelle méthode améliorée, soit Eco-Indicator 99, tient compte des dommages occasionnés aux catégories suivantes: ressources, écosystèmes et santé humaine (GOEDKOOP et al. 2000). Les dommages aux ressources correspondent à l'énergie requise pour l'extraction des minéraux et des combustibles fossiles. Les dommages aux écosystèmes se traduisent par l'extinction des espèces dans une zone déterminée et ce, durant une certaine période. Enfin, les dommages à la santé humaine sont exprimés en fonction de la quantité de vies perdues en considérant le nombre d'années de vie enlevé.

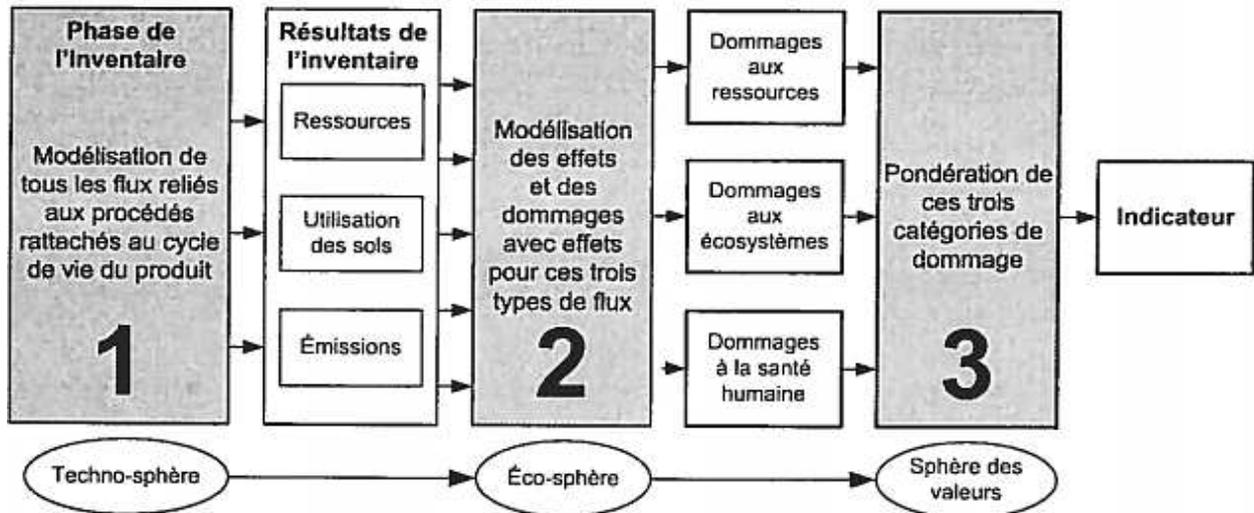


Figure 16 : Schématisation simplifiée de la méthode Eco-Indicator 99. (Goedkoop & Spriensma, 2000)

Trois phases sont nécessaires à l'obtention d'un indicateur final : l'inventaire des flux de matières et d'énergie (1), la caractérisation des impacts (2) et la pondération selon les trois types de dommage (3). Bien qu'une seule phase montre clairement la présence de valeurs, donc une certaine « subjectivité » celles-ci se retrouvent tout de même dans la techno-sphère et l'écosphère, car les scientifiques ont dû faire des hypothèses et des simplifications qui ont été nécessairement teintées par leur système de valeur.

4.2 Les avantages

La méthode Eco-Indicator 99 est profitable à bien des égards, mais présente assurément des limites. Les principaux avantages de cette méthode sont :

- **Facilité d'utilisation** : Il est relativement aisé de choisir les indicateurs appropriés et d'effectuer les calculs. Par contre, ces indicateurs ayant été calculés selon un contexte européen, il conviendra de faire preuve de prudence lorsqu'une évaluation sera faite sur un produit en dehors de ce contexte. Il est à noter qu'une bonne expertise du produit est essentielle afin d'augmenter l'efficacité de l'évaluation.
- **Simplicité de manipulation** : La manipulation des données et les calculs à effectuer sont d'une grande simplicité. Néanmoins, l'utilisation d'un chiffrier est recommandée, car dépendamment des produits, la quantité de données peut devenir rapidement démesurée. La création de diagrammes en bandes ou en pointe de tarte permet ensuite d'identifier les points faibles et de comparer des produits sous plusieurs angles en vue de les améliorer. Ils facilitent également la communication.⁷⁷

⁷⁷ Alexandre Leclerc « L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental » Mémoire de Maîtrise ès Sciences Appliquées (M.Sc.A.) en Aménagement option Design & complexité. Université de Montréal (Avril 2004). 186 pages. p.90-94.

4.3 Les inconvénients

- Les indicateurs finaux sont critiquables dans la mesure où les étapes d'agrégation et de pondération sont basées sur des jugements subjectifs qui sont difficilement accessibles. En effet, les calculs sous-jacents aux procédures sont difficilement vérifiables, car les indicateurs exprimés en mPt ne permettent pas de déterminer quelles sont les quantités de flux qui sont à l'origine de ces valeurs.
- Compte tenu de l'agrégation complète des résultats d'ACV, il n'est pas possible d'isoler les résultats, ni de calculer les impacts en fonction d'une seule catégorie d'impact.
- Puisque ces indicateurs ont été développés dans un contexte européen, il est plus ou moins approprié de les appliquer pour des produits ou services fabriqués et vendus en Amérique du Nord. Par exemple, les sources d'énergie entrant dans la fabrication d'électricité (centrale hydroélectrique et centrale nucléaire) varient d'un pays à l'autre, ce qui implique des impacts environnementaux différents selon le contexte géographique.
- La banque de données disponible demeure incomplète même si celle-ci contient plus de deux cents indicateurs. En effet, il arrive que certains matériaux spécialisés n'aient pas d'indicateurs associés.

Finalement, le grand avantage de la méthode Eco-Indicator est qu'elle nécessite très peu d'expertise, ce qui en fait une solution très pratique pour la comparaison de produits à l'interne, et ce, en dépit des désavantages que soulèvent les scientifiques (Brezet et al. 1999). Force est de constater que cette méthode semble répondre aux besoins des concepteurs, les designers industriels en particulier.⁷⁸

5. L'ACV sociale comme outil du développement durable

La première référence à l'analyse du cycle de vie comme outil de développement durable a été faite en 2000 à la suite de l'appel des gouvernements pour une économie de cycle de vie exprimée dans la Déclaration de Malmö (2000).

Définie comme une méthode qui étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit, l'ACV prend généralement en compte trois familles d'impacts : l'épuisement des ressources, les impacts sur la santé humaine et les impacts écologiques. L'observation des impacts associés à ces familles permet de vérifier les différentes dimensions abordées par l'ACV : elles sont toutes de nature environnementale. On constate donc l'absence des impacts sociaux dans les méthodes d'évaluation d'impact au sein des ACV.

L'ACV se relève donc fondamentalement un outil de gestion environnementale. Dans le but de s'orienter tout de même vers un outil plus complet dans le cadre de son utilisation pour

⁷⁸ Alexandre Leclerc « L'application de l'analyse de cycle de vie simplifiée à la pratique du design industriel pour la conception de produits ou services à moindre impact environnemental » Mémoire de Maîtrise ès Sciences Appliquées (M.Sc.A.) en Aménagement option Design & complexité. Université de Montréal (Avril 2004). 186 pages. p.94-95

le développement durable, les praticiens proposent la prise en compte des incidences économiques des produits à travers le LCC. Bien que faisant l'objet d'une méthodologie distincte, le LCC constitue la contrepartie économique de l'ACV. Le LCC est actuellement réalisé séparément de l'ACV mais certains auteurs préconisent l'intégration de ces deux outils (Norris, 2001 et Shapiro, 2001).

5.1 Nécessité de la prise en compte des impacts sociaux

Les termes « impacts sociaux » et « impacts socioéconomiques » sont généralement utilisés de façon interchangeable (Canter, 1996, p. 502).

Les impacts socio-économiques ont longtemps été négligés au profit des aspects techniques et environnementaux de l'activité industrielle. Les raisons en sont que ces impacts sont généralement perçus comme arrivant rarement, étant invariablement négatifs et difficiles à mesurer (Cernea & Kudat, 1997).

L'objectif visé dans l'évaluation des impacts socio-économiques est entre autres l'augmentation de la qualité des projets (Mueller, 1998). De plus, l'évaluation des impacts sociaux est justifiée par le fait que chaque projet, qu'il soit public ou privé est un processus social (pas seulement un investissement commercial) qui met en jeu des acteurs sociaux (Cernea & Kudat, 1997, p.7). L'évaluation de ces impacts est donc nécessaire parce que l'activité économique est incrustée dans la société qui l'influence (Barth, 1996). Il s'agit également d'évaluer les risques et coûts sociaux des choix économiques.

Malgré l'importance de la prise en compte des considérations sociales, il est difficile de tenir compte de tous les impacts socio-économiques sur les personnes et les collectivités. Plusieurs auteurs proposent des catégories de variables pour l'évaluation des impacts socio-économiques. Nous avons retenu celui de Burdige cité par Canter (1996), l'un des plus complets.

Tableau 8 : Variables pour l'évaluation des impacts sociaux

Impacts sur la population <ul style="list-style-type: none">- Changement de la population- Entrée ou sortie de travailleurs temporaires- Présence de résidents saisonniers (touristes)- Relocalisation d'individus ou de familles- Changement de la composition de la population selon l'âge, le genre, la race ou l'ethnie
Arrangements entre communauté et institutions <ul style="list-style-type: none">- Création d'attitudes face au projet- Activité de groupes d'intérêt- Altération de la taille et de la structure du gouvernement local- Présence d'activité de planning et de zoning- Diversification industrielle- Accroissement des inégalités économiques- Changement de l'équité en emploi pour les groupes minoritaires- Changement des opportunités d'occupation

Conflits entre résidents locaux et nouveaux arrivants <ul style="list-style-type: none">– Présence d'une agence externe– Introduction de nouvelles classes sociales– Changement de l'orientation commerciale ou industrielle de la communauté– Présence de résidents de court terme
Impacts familiaux et individuels <ul style="list-style-type: none">– Modification des caractéristiques de vie et de mouvement journaliers– Hétérogénéité des pratiques religieuses– Altération de la structure familiale– Rupture des réseaux sociaux– Perceptions de santé et sécurité publique– Changement des opportunités de loisir
Besoins d'infrastructures de la communauté <ul style="list-style-type: none">– Changement des infrastructures de la communauté– Acquisition et disposition des terres– Effets sur la culture, l'histoire et l'archéologie connus

Il existe une multitude de méthodes utilisées pour l'évaluation des impacts sociaux. Il est possible de les classer selon deux approches principales :

- L'approche quantitative qui comprend des méthodes telles que les enquêtes quantitatives, l'analyse de données précédemment utilisées dans le cadre d'un projet, l'analyse des budgets familiaux etc.
- L'approche qualitative qui utilise des focus groups, des entrevues individuelles, des études de cas, la participation comme partie prenante à un atelier de travail, des check-lists etc.

Ces approches posent une fois de plus la question de l'objectivité dont se réclament les chercheurs de l'ACV; l'approche quantitative est en effet associée à des résultats objectifs tandis que l'approche qualitative est jugée subjective. Les problèmes associés à la quantification versus la qualification sont avant tout d'ordre scientifique. Les sciences biologiques et physiques apportent souvent une quantification précise de leur objet d'étude. Dans d'autres cas cependant, comme c'est souvent le cas en sciences sociales, la qualification de certains phénomènes ne peut être estimée, ce qui rend la quantification approximative ou impossible (Leduc & Raymond, 2000). Ce sont ces difficultés qui sont à l'origine de la difficile intégration des impacts socioéconomiques dans la méthodologie de l'analyse du cycle de vie. Certains auteurs tentent cependant de combler cette lacune en suggérant l'intégration de cet axe délaissé au sein même de la méthodologie de l'ACV.

5.2 Le social dans l'ACV

La communauté scientifique travaillant au développement et à la promotion de l'ACV reconnaît la nécessité d'adapter l'outil pour une meilleure prise en compte des diverses dimensions du développement durable. Ainsi, le PNUE préconise la prise en compte des trois dimensions, mais en dehors du cadre méthodologique de l'ACV. D'autres organisations telles que le réseau européen LKANET entendent une approche plus intégrée.

O'Brien et al. ont présenté un modèle intégrant à l'ACV environnementale des dimensions sociales dans un objectif de développement durable. Selon eux, l'approche actuelle privilégie les dimensions technologiques quantitatives au détriment des dimensions qualitatives sociales.

L'ACV sociale et environnementale qui se définit comme «un outil analytique servant à décrire et à évaluer l'interaction entre les systèmes sociaux et technologiques tout au long du cycle de vie d'un service » permet de remédier à ce biais. Cet outil permet d'établir les actions sociales ainsi que les techniques à adopter pour apporter un changement positif dans le cycle de vie industriel ou commercial à l'étude.

L'objectif de l'ACV sociale et environnementale est d'offrir une approche structurée et flexible pour identifier les facteurs à réconcilier pour la stratégie et la planification des décisions pour une société durable. Ainsi, elle vise à fournir des techniques servant à combiner les évaluations environnementales et sociales de systèmes alternatifs pouvant satisfaire les besoins humains en termes opérationnels et stratégiques. Il s'agit d'établir une structure d'évaluation qui incorpore les aspects techniques et scientifiques ainsi que l'évaluation socio-stratégique de ces options.

Sur le plan méthodologique, l'ACVSE comprend 5 étapes :

- la définition du problème environnemental et des objectifs ;
- la détermination de la zone d'étude ;
- l'inventaire et l'analyse des données (qui correspond à l'analyse d'inventaire dans l'ACV) ;
- l'évaluation de l'impact du processus (c'est la caractérisation et l'évaluation pour l'ACV) ;
- l'évaluation.

Bien que leur intégration donne lieu à une meilleure compréhension et description des impacts potentiels d'un cycle de vie y compris les facteurs sociaux clés, les 2 ACV (environnementale et sociale) ont des objectifs et des méthodologies indépendantes. Malgré les difficultés méthodologiques, la combinaison des deux approches permet d'obtenir un processus plus transparent et complet. Ainsi, l'ACV sociale et environnementale permet de réunir les différents aspects de la durabilité dans le but de produire une analyse complète et intégrée du développement industriel, économique et social.

5.3 Proposition

Dans le but de faire de l'ACV un outil de développement durable, il est indispensable que les dimensions délaissées soient intégrées. Cette intégration fait l'objet de recherches assez avancées dans le cas de la composante économique mais nécessite des recherches plus poussées en ce qui concerne la composante sociale. Au regard des études réalisées dans le domaine, il semble que la difficulté soit essentiellement d'ordre méthodologique : la quantification des variables sociales. Cependant, l'approche quantitative proposée par les études sur l'intégration du social et présente quelques limites si l'on veut inclure les critères sociaux dans la méthodologie de l'ACV :

- la négligence des variables sociales compte tenu de la difficulté de modélisation ;

- l'homogénéisation des dimensions sociales spécifiques.

Pour contourner cette difficulté, il serait intéressant de considérer les méthodes d'évaluation d'impacts socio-économiques existantes, notamment la possibilité de conserver l'approche qualitative pour ces variables en les répertoriant de manière systématique, c'est-à-dire tout au long des différentes étapes du cycle de vie, à travers une liste de contrôle (check-list).⁷⁹

5.4 Les usages de l'ACV sociale

Transposer les suggestions d'usages de l'ACV environnementale vers l'ACV sociale oblige à remplacer « les performances environnementales des produits à différentes étapes de leurs cycles de vie » par « les effets sociaux attribuables au fonctionnement du cycle de vie d'un produit ».

Dans ces conditions, nous proposons les quatre usages suivants pour l'ACV sociale :

- 1) à l'identification des possibilités d'amélioration des effets sociaux attribuables au fonctionnement du cycle de vie d'un produit ;
- 2) à l'information des décideurs de l'industrie et des organismes gouvernementaux et non-gouvernementaux (par exemple pour les besoins de planification stratégique, d'établissement des priorités, de conception ou de re-conception de produit ou de procédé) ;
- 3) au choix d'indicateurs pertinents des effets sociaux attribuables au fonctionnement du cycle de vie d'un produit, y compris les techniques de mesure ;
- 4) au marketing (par exemple la mise en œuvre d'un système d'étiquetage « social », d'une revendication en matière sociale).

En ACV environnementale, la même méthode est censée remplir ces quatre usages. En pratique, chaque étude ACV est construite différemment selon son usage, mais le cadre général (règles de définition du système évalué, nature des impacts pris en compte, etc.) est commun. En ACV sociale, il en est de même théoriquement - sauf que le cadre commun n'est pas encore posé.⁸⁰

5.5 Les limites de l'ACV sociale

L'ACV sociale présente – et présentera toujours – des limites intrinsèques dans son rôle d'anticiper les véritables effets sociaux d'une décision.

D'abord, la méthode veut anticiper les effets sociaux causés par des changements dans les cycles de vie. Or, beaucoup d'effets sociaux ne sont pas causés par des changements dans les cycles de vie, mais par des changements dans les conditions sociales, dans les institutions,

⁷⁹ Gisèle Belem « L'analyse du cycle de vie comme outil de développement durable » sous la direction de Jean-Pierre Revéret et Corinne Gendron. ISBN 2-923324-29-3. Les cahiers de la Chaire – collection recherche No 08-2005. Bibliothèque nationale du Québec, août 2005. 54 pages. Disponible en ligne : <http://www.crsdd.uqam.ca/Pages/docs/pdfCahiersRecherche/08-2005.pdf>

⁸⁰ Alain Falque et al. « ACV sociales, Effets socio-économiques des chaînes de valeurs ». Coordonné par Catherine Macombe. ISSN1256 - 544X. Cirad, Collection FruiTropThema (Montpellier, 2013). 171 pages. p. 45. Disponible en ligne : <https://agritrop.cirad.fr/576273/1/thema%201%20FRA%20taille%20mini.pdf>

dans la vie civique et culturelle etc. L'anticipation de nombreux effets sociaux nous demeure inaccessible, que l'on utilise l'ACV sociale ou non.

En second, la méthode ne pourra jamais anticiper, à échéance donnée, tous les effets sociaux causés par le fonctionnement ou les changements du cycle de vie. Pour y parvenir, il faudrait détenir une théorie du monde social exhaustive. Or, il n'en existe pas. Que l'on se souvienne que les effets sociaux causent eux-mêmes des effets sociaux. La chaîne des causalités peut être infinie. De plus, les effets sociaux se produisent à différents moments dans le temps, parfois éloignés du moment qui les a provoqués. Enfin, des effets impossibles à prévoir peuvent survenir. L'ACV sociale énonce des résultats *ceteris paribus*, « sous réserve que le reste du monde ne bouge pas ». Or cette dernière condition n'est jamais remplie dans le monde réel.

Comme troisième considération, il faut reconnaître que certains effets sont difficilement quantifiables. Comment quantifier, au sein d'une population, les futurs sentiments d'appartenance, de sécurité, de confiance ? Du coup, les évaluations par ACV sociale sont déséquilibrées au bénéfice des effets sociaux quantifiables (tels que les changements dans l'espérance de vie, le niveau de pauvreté financière), et au détriment des effets difficilement quantifiables.

En quatrième, reconnaissons que la qualité des données est souvent médiocre, quand ces données ne sont pas carrément hors d'atteinte. Le temps et le coût nécessaires pour acquérir les données peuvent être rédhibitoires, même quand on est en possession d'une bonne méthode. Cependant, l'extension de la méthode pourrait avoir des effets imprévus. Elle pourrait induire à généraliser le calcul systématique de certaines valeurs dans les entreprises (par exemple le calcul de la valeur ajoutée locale). La piètre disponibilité des données utiles actuelles ne doit pas nous décourager pour l'avenir.

Signalons enfin que certains objets traités par les ACVistes de l'environnement (optimisation de procédés rares, ou d'une machine particulière) ne sont pas à l'échelle requise pour soumettre leur cycle de vie à une étude par ACV sociale. En effet, une partie des relations concerne des objets de taille quasi macro-économique (une filière générant une valeur ajoutée économique sensible à l'échelle du pays).⁸¹

6. L'analyse de cycle de vie de coût

Toutes les entreprises, quel que soit le secteur d'activité, ont pour vocation de générer des profits. Pour ce faire, les entrepreneurs peuvent améliorer la valeur de leur production afin d'augmenter les revenus. Il est également possible de réduire l'ensemble des coûts, tel que les coûts d'approvisionnement, de production et de stockage. Pour réduire ses coûts et améliorer ses revenus, un système de gestion comptable est nécessaire car il permet de fournir des informations de planification et de contrôle de la production (Wessels et Vermaas, 1998).

Dans une comptabilité traditionnelle, seuls les coûts totaux et le volume de produits finis sont connus. Ces informations ne sont pas toujours suffisantes pour mettre en place un

⁸¹ Alain Falque et al. « ACV sociales, Effets socio-économiques des chaînes de valeurs ». Coordonné par Catherine Macombe. ISSN1256 - 544X. Cirad, Collection FruiTropThema (Montpellier, 2013). 171 pages. p. 50-51. Disponible en ligne : <https://agritrop.cirad.fr/576273/1/thema%201%20FRA%20taille%20mini.pdf>

système de gestion comptable éclairant la prise de décision quant à la gestion du portefeuille de produits. C'est pour pallier à ce manque que Cooper et Kaplan (1988) ont décrit la méthode de comptabilité par activité (ABC). Ainsi les coûts de production sont obtenus par la sommation des coûts des activités qui génèrent un produit). En raison de la complexité de sa mise en œuvre au sein d'une entreprise et pour anticiper les coûts et les risques, Emblemsvåg (2003) propose une méthode d'analyse de cycle de vie de coût (ACVC) basé sur l'ABC.

6.1 L'analyse de cycle de vie de coût (ACVC)

L'ACVC a pour objectif de calculer les coûts totaux d'un produit ou d'un service, sur leur cycle de vie. Elle fut développée, dans les années 60, par le département de la défense états-unienne. Ce n'est qu'à partir des années 80 que cette méthodologie fût adaptée et appliquée à des investissements publics dans le secteur de la construction (Woodward 1997). Plus récemment, des projets de recherches ont mené au développement de méthodologies d'ACVC appliquées à l'industrie de la construction (Gluch et Baumann, 2004).

De nombreuses méthodes d'ACVC ont été développées dans les dernières décennies. Des revues de littératures exhaustives permettent de dresser une liste de 14 méthodes répertoriées (Asiedu et Gu, 1998 ; Durairaj *et al.* 2002; Gluch et Baumann, 2004). Parmi ces méthodes on retrouve l'ABC, que Durairaj *et al.* (2002) considèrent comme l'approche la plus prometteuse pour une analyse de coût efficace dans une perspective de cycle de vie.

6.2 La compatibilité par activité (ABC)

Par définition, la méthode ABC permet d'analyser de manière détaillée les coûts directs et indirects associés aux produits ou aux services. De plus, cette méthode présente l'avantage de mettre en évidence l'origine des coûts et les causes de variation. Les similitudes avec l'analyse de cycle de vie environnementale (ACVE) semblent assez flagrantes. Plusieurs auteurs font état de l'utilisation de la méthode ABC comme outils de gestion stratégique, afin de faciliter la prise de décision (Cooper et Kaplan 1988;Malcom, 1991). La méthode ABC est également développée pour des approches appliquées spécifiquement aux activités logistiques (Bokor et Markovits-Somogyi, 2015 ; Lin *et al.*2001; Pohlen et La Londe, 1994).

6.3 Intérêt de la méthode ACVC-ABC

En réponse à ses propres critiques envers les deux méthodes comptables, Emblemsvåg (2003) propose une méthode d'ACVC basée sur l'ABC. Cette approche, composée de 10 étapes comme le montre la figure suivante, reprend le meilleur des deux méthodes comptables.

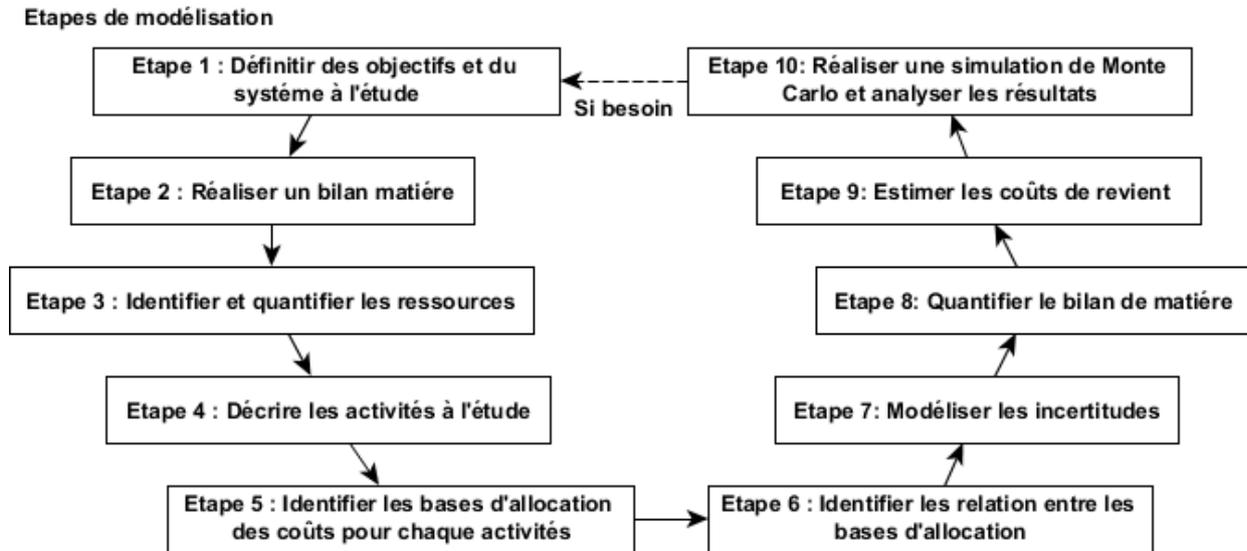


Figure 17 : Méthode comptable d'ACVC basée sur l'ABC

Cette méthode proposée par Emblemståg (2003) présente des similarités avec la réalisation d'une ACVE. En effet, l'approche dite rétrospective (*back-casting*) permet la réalisation d'une analyse à partir de données historiques. De plus, cette méthode implique la réalisation d'une analyse de l'incertitude reposant sur la simulation de Monte-Carlo.⁸²

7. Application de l'analyse multicritère à l'ACV

7.1 Présentation de l'analyse multicritère d'aide à la décision

Les méthodes d'analyse multicritère sont des outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. De nombreuses méthodes ont été proposées afin de permettre aux décideurs de faire un « bon » choix. Pour certains experts du domaine, ce choix existe dans l'esprit du décideur, et le processus d'aide à la décision doit le faire ressortir. Pour d'autres, le processus d'aide à la décision doit créer ce choix. Le concept d'analyse multicritère n'étant pas toujours très clair, l'exemple suivant permettra de mieux comprendre le contexte, les acteurs et le vocabulaire de l'analyse multicritère.

Un ou plusieurs décideurs sont face à un problème, et disposent pour cela de plusieurs solutions possibles (qui seront aussi appelées « actions » par la suite). Le décideur prend en compte plusieurs critères (des points de vue) pour juger ces actions. Mais aucune action ne se dégage du lot. De plus, les critères sur lesquels sont jugées ces actions sont conflictuels.

L'objectif des méthodes multicritère est ainsi d'aider à prendre une décision (ou à évaluer entre elles plusieurs solutions, sans avoir forcément de choix à effectuer au final) dans les situations de choix où aucune possibilité n'est parfaite; et où différents critères entrent en

⁸² Achille-Benjamin Laurent et al. « Analyse de cycle de vie de coût basée sur la comptabilité par activités appliquée au portefeuille de produit d'une entreprise forestière innovante » CIRRELT-2016-48 (septembre 2016, Canada). 21 pages. p. 1-3. Disponible en ligne : <https://www.cirrelt.ca/documentstravail/cirrelt-2016-48.pdf>

conflit. L'idée de base est de considérer tous les critères entrant en compte; leur attribuer un poids lié à leur importance relative; de noter chaque action par rapport à tous les critères; et finalement d'agréger ces résultats.

7.2 Application à l'ACV

Plusieurs tentatives ont déjà été effectuées dans ce sens, et ont préparé le terrain pour une véritable ACV utilisant les méthodes d'analyse multicritère. On pourrait imaginer plusieurs applications de l'analyse multicritère au cours d'une ACV.

Tout d'abord au niveau de l'agrégation des éléments de l'inventaire en un seul impact. En ce qui concerne les facteurs scientifiquement évaluables (par exemple la comparaison des 2 matières polluantes en un seul équivalent); il ne serait pas convenable de remplacer ces éléments justifiés scientifiquement par des études précises, par une pondération issue d'une analyse multicritère, qui serait, elle, subjective. Par contre, l'analyse multicritère pourrait être un bon moyen d'intégrer et d'agréger des facteurs difficilement quantifiables scientifiquement (comme les facteurs sociaux, l'impact sur les paysages, etc. Notons que ces externalités ne sont pas encore intégrées dans les ACV).

L'analyse multicritère peut aussi être appliquée pour la pondération des différents facteurs d'impact en vue d'une agrégation. C'est essentiellement cette direction qui a été présentée dans différentes publications. Il est assez facile de voir que les ossatures des deux concepts que sont l'ACV et l'analyse multicritère sont semblables.

L'analyse multicritère pourrait également être utilisée en aval de l'ACV; c'est à dire au niveau du choix d'un produit. Ainsi, avoir une « note » environnementale pour tous les produits possibles, permettra aux managers de choisir un produit au vu de son coût monétaire, son coût social; et le critère environnemental pourra être intégré de façon synthétique, dans cette prise de décision.

Par la suite, ce rapport se contentera d'examiner la seconde possibilité d'application : utiliser l'analyse multicritère pour la pondération des catégories d'impact, et l'agrégation.

7.2.1 État des lieux des méthodes existantes

Les chercheurs en ACV ont développé une multitude de méthodes afin de mener des ACV. Parmi les plus connues, citons Ecoindicator 95, Ecoindicator 99, EPS. Toutes les méthodes proposées ne permettent pas de faire une pondération des catégories d'impact, la pondération étant une étape facultative de l'ACV. En ce qui concerne les méthodes d'ACV proposant une pondération, trois grandes techniques se dégagent.

La première est la monétisation des critères : on assigne telle valeur monétaire à la perte d'un point d'acidification par exemple. Il faut toutefois prendre garde à la forme de cette fonction de préférence : la valeur monétaire n'est sûrement pas une fonction linéaire de l'acidification.

La seconde grande technique consiste à trouver la distance entre une valeur standard donnée (déterminée par des politiques, ou des scientifiques), et la valeur obtenue de l'ACV. On en déduit par comparaisons entre tous les critères considérés, une pondération.

La troisième technique consiste à demander à un collège d'experts (scientifiques, représentants de l'autorité, etc.), de proposer une pondération.

D'autres techniques, moins répandues, ont toutefois été utilisées pour mener à une agrégation des différentes catégories d'impact:

- l'approche proxy : on convertit toutes les catégories d'impact en une même unité (la consommation d'énergie par exemple), puis on agrège par simple addition tous ces facteurs transformés sur une échelle commune.
- on peut également chercher la distance par rapport à une valeur cible, déterminée par la quantité de polluants que peut supporter le milieu.

7.2.2 Apport de l'analyse multicritère à la pondération

Les techniques aujourd'hui employées dans la pondération, laissent place à beaucoup de subjectivité dans la détermination des poids. Les seuils qui sont fixés, le sont arbitrairement par exemple. De même, la monétisation est une forme de détermination de préférences, et est aussi subjective. Les décisions d'un panel de scientifiques et de politiques, sont elles aussi subjectives. L'analyse multicritère se place sur le même niveau de subjectivité, et ne peut donc être critiquée sur ce point.

Par contre, les méthodes multicritère sont des techniques d'aide à la décision éprouvées depuis de nombreuses années. Elles ont largement été employées pour résoudre des problèmes variés et complexes (choix de ligne de métro parisien, évaluation de sites d'enfouissement de déchets, etc.). L'analyse multicritère peut donc apporter des méthodes rôdées, et reconnues à l'ACV.

Un autre avantage de l'analyse multicritère, est la possibilité d'implémenter à la fois des données subjectives et objectives.

De plus, le principe même de l'analyse multicritère est de structurer les différentes données, afin de former un choix raisonné. Ceci apportera une légitimité au résultat de l'ACV, dans le sens où ce résultat aura été pensé et repensé, de manière cohérente (et non déterminé par tâtonnements).

7.2.3 Problèmes pratiques à l'implantation de l'analyse multicritère à l'ACV

Il faut tout d'abord faire un choix quant au niveau de la pondération. Deux niveaux sont possibles pour effectuer la pondération : les midpoints ou les endpoints. Ces alternatives ont chacune leurs bons, et mauvais côtés.

7.2.3.1 Pondération au niveau des endpoints

Une pondération au niveau des endpoints mettra en jeu des critères beaucoup plus palpables (les concepts de nombre de morts potentiels ou d'impact sur l'environnement sont bien plus faciles à appréhender que l'acidification ou l'eutrophication, au moins pour un novice). Par contre, les endpoints sont créés par combinaisons de midpoints. Il y a du coup,

perte d'information au passage des midpoints aux endpoints. Un autre problème est induit par la liste restreinte des endpoints; ils sont au nombre de 4 (ce nombre est susceptible d'évoluer : l'ACV est un domaine sur lequel de nombreux chercheurs se penchent); mais il est très difficile de faire un choix entre le nombre d'année de vie perdues, les dégâts sur l'environnement, et la diminution des ressources naturelles. Un aspect éthique entre en ligne de compte, ce qui complique encore plus la tâche de la pondération.

7.2.3.2 Pondération au niveau des midpoints

D'un autre côté, la liste des midpoints semble relativement exhaustive. Ils sont au nombre de 14, ce qui est peut-être un peu trop pour mener une bonne analyse multicritère (tout du moins, on ne pourra pas employer n'importe quelle méthode). Il est de plus difficile, à moins d'être un expert, de pouvoir comparer une perte de 20 points d'indicateur d'acidification avec un gain de 10 points en potentiel de réchauffement planétaire. Ces indicateurs sont peu parlants pour la plupart des gens. La pondération ne pourra dans ce cas être effectuée que par un (des) scientifique(s) ayant une vision assez large du problème.

Le choix de la (des) personne(s) chargée(s) de déterminer la pondération est ardu. Doit-on demander cela à un collègue d'experts, au risque de rendre la pondération encore plus difficile par le fait qu'il n'y aura sûrement pas unanimité dans le choix des poids ? Si on demande à une seule personne de le faire, quel devra être son statut (politique, scientifique, une personne choisie au hasard) ? On pourrait également penser à un sondage, mais évidemment tous les sondés n'auront pas la compétence technique, pour appréhender correctement le problème (bases scientifiques notamment).

L'analyse multicritère ne pourrait être considérée comme un outil scientifique si elle ne proposait pas d'effectuer une analyse de sensibilité. Cette analyse permet de se rendre compte de la robustesse des résultats obtenus. Ainsi, une solution peut être classée première avec un certain ensemble de poids; mais si l'on change cet ensemble, elle dégringole dans notre classement; il faudra se méfier de cette solution (voire reprendre la pondération). Notons que l'analyse de sensibilité devra concerner la pondération, mais aussi les résultats de l'ACV. Il est en théorie possible d'implémenter des intervalles de confiance, voire même des distributions de probabilité, pour les différentes catégories d'impact. Toutefois, cela ne peut se faire sans un investissement encore plus important au niveau de l'inventaire. L'analyse de sensibilité permet de relativiser le résultat brut d'une ACV.

7.2.3.3 Critères possibles pour le choix d'une méthode appliquée à l'ACV

Un examen attentif des données disponibles peut d'ores et déjà permettre de réduire une nouvelle fois le champ des méthodes utilisables. A priori, les données d'une ACV ne sont pas des nombres incertains. Certaines méthodes récentes très raffinées (Naiade, Pamssem pour ne citer que celles-ci) peuvent donc être écartées car les données disponibles, ne correspondent pas à leur champ d'application.

Un autre élément discriminant se situe dans le type de résultats que l'on veut obtenir. Les méthodes d'analyse multicritère sont généralement classées en trois catégories. Tout

d'abord, celles qui permettent de séparer l'ensemble des solutions possibles en deux sous-ensembles : le sous-ensemble des solutions acceptables, et le sous-ensemble des solutions à rejeter (méthodes de type alpha). Une deuxième catégorie de méthodes sépare toutes les actions en plusieurs sous-ensembles d'actions, ayant des performances comparables (méthodes de type bêta). Finalement, la dernière catégorie de méthodes range les actions de la plus performante, jusqu'à la moins performante (méthodes de type gamma).

Il est également possible d'avoir un résultat numérique reflétant le degré de performance de chaque action. Sur ce point, seule une discussion avec les utilisateurs des résultats des ACV (managers de groupes industriels, décideurs politiques) pourrait permettre de faire ce choix. Il est recommandé d'adapter le choix de la méthode à la problématique rencontrée, ne pas se contenter d'une seule méthode pour répondre à toutes les problématiques.

On peut également envisager de mener deux ACV, l'une utilisant une méthode de problématique gamma, donnant un résultat numérique reflétant la performance d'un produit. Une autre utilisant une problématique bêta, définissant des actions ayant des performances environnementales équivalentes. Ceci permettrait d'intégrer l'ACV dans une vue d'ensemble pour le décideur (avec des paramètres de coût, sociaux, etc.); et dans une vue plus centrée sur l'environnement.

La facilité à manipuler les méthodes doit également permettre de faire une différence : on aura plus de confiance dans un résultat sur lequel le décideur sera sûr de lui; que dans le cas où il aura peiné pour émettre des opinions incohérentes.⁸³

8. Intégration des paramètres spatio-temporels dans l'ACV

Au regard de l'examen des étapes de l'ACV en ce qui concerne la prise en compte des paramètres spatio-temporels, le manque d'intégration de ces paramètres est jugé problématique pour une étape de l'ACV : l'étape d'évaluation des impacts et notamment pour l'évaluation des impacts locaux et régionaux. Cette quantification des impacts est classiquement réalisée sur la base d'une hypothèse de prise en compte d'un environnement standard selon l'approche « *Site Generic* ». Cette approche sous-entend une non-prise en compte des paramètres spatiotemporels. Afin de tendre vers une meilleure évaluation des impacts locaux et régionaux, l'approche « *Site Dependent* » est préconisée par la communauté internationale de la SETAC car elle permet de prendre en compte de manière la plus efficiente possible certains paramètres spatio-temporels.

8.1 L'approche « *Site Dependent* »

Cette approche doit permettre d'évaluer des impacts dont l'apparition et l'intensité dépendent du milieu. Elle permet la prise en compte de certains paramètres spatio-temporels

⁸³ Renaud Caillet « Analyse multicritère : Étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie » 2003s-53©CIRANO, Montréal (Août 2003) 51 pages. p.29-33. Disponible en ligne : <https://www.cirano.qc.ca/pdf/publication/2003s-53.pdf>

des milieux sans trop alourdir l'étape d'inventaire. Dans le cadre de cette approche Site Dependent, l'enjeu est de mener une recherche efficiente des données nécessaires à une évaluation plus précise des impacts locaux et régionaux par une ACV. Cette efficience se définit par le degré de finesse et de fiabilité des résultats attendus par rapport aux moyens déployés afin de recueillir les données nécessaires en ce qui concerne la source d'émissions et le milieu potentiellement impacté.

8.1.1 Les méthodes utilisant l'approche « Site Dependent »

Depuis une dizaine d'années, l'approche « Site Dependent » est de plus en plus utilisée. Son utilisation est centrée sur l'amélioration des indicateurs d'impacts grâce à la prise en compte de paramètres spatio-temporels. Des travaux ont été entrepris afin d'améliorer l'évaluation de certains impacts et notamment l'acidification, la toxicité et l'écotoxicité. De nombreuses méthodes de caractérisation ont été développées, parmi elles les méthodes Ecoindicator 99, Impact 2002+ et EDIP 2003.

Cette approche est sensée modéliser la chaîne cause à effet d'un impact sur l'environnement et mettre en évidence la non linéarité des effets de certains impacts. Dans un premier temps, à travers la chaîne cause à effet d'un impact, les caractéristiques spatio-temporelles de l'émission et du milieu impacté sont identifiées (Voir figure ci-dessous).

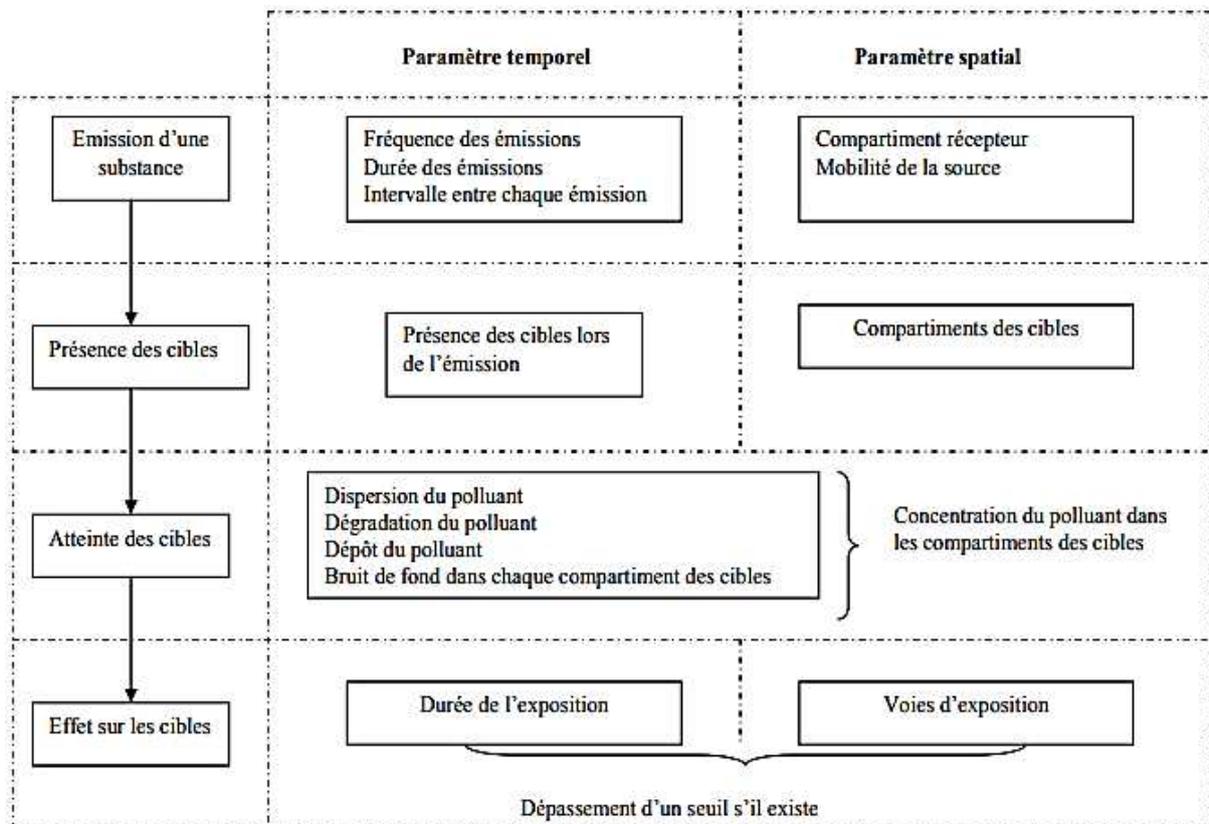


Figure 18 : Identification des paramètres spatio-temporels à chacun des maillons de la chaîne cause à effet d'un impact

La figure 18 présente l'omniprésence et l'importance des paramètres spatio-temporels tout au long de la chaîne cause à effet d'un impact. Ces paramètres conditionnent l'apparition et l'intensité de l'impact. A travers chaque item de la chaîne, les paramètres spatiaux et temporels sont identifiés :

- Pour l'émission de la substance : les caractéristiques de la source d'émission et de l'émission sont définies ;
- Pour la présence des cibles : il s'agit de définir la présence des cibles dans le compartiment d'émission ou de dépôt du polluant pendant la durée de l'émission ;
- Pour l'atteinte des cibles : les paramètres spatio-temporels ne peuvent être dissociés et conditionnent le devenir du polluant, c'est à dire sa concentration dans chaque compartiment ;
- Pour l'effet sur les cibles : les paramètres spatiaux et temporels peuvent être dissociés mais ce sont ensemble qu'ils conditionnent l'apparition d'un effet sur les cibles en identifiant le dépassement d'un seuil d'effet.

Le dernier item « effet sur les cibles » met en lumière la non linéarité de certains impacts au regard de la présence de seuils d'effet. L'approche « Site Generic » ne permet pas de modéliser l'existence d'effet seuil. Cette approche est qualifiée de « less is better ». Elle est basée sur le principe de prudence en émettant l'hypothèse que la moindre émission entraîne des effets, ce qui entraîne le plus souvent une majoration de l'impact. L'approche « Site Dependent », avec l'intégration d'un plus grand nombre de paramètres, est qualifiée d'« above threshold ». Elle est basée sur l'identification de dépassement de seuil d'effets et permet de quantifier plus finement l'impact (Voir figure ci-dessous)

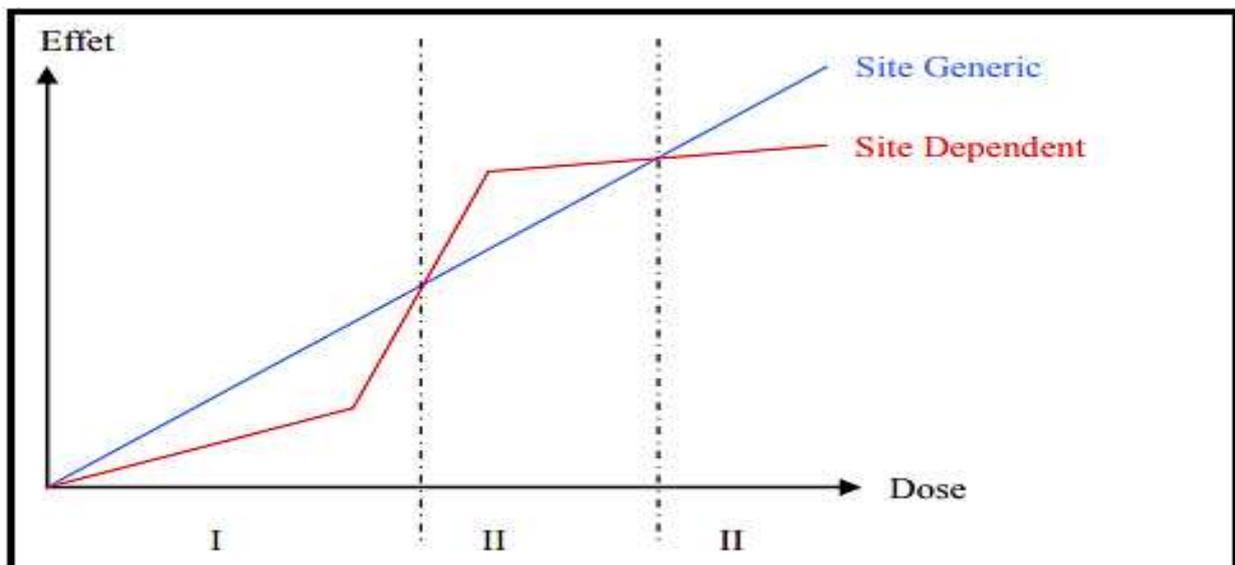


Figure 19 : Courbes dose/effet selon les approches Site Generic et Site Dependent (Potting & Hauschild, 1997)

L'approche « Site Generic » permet d'évaluer linéairement les impacts alors que l'approche « Site Dependent » permet d'évaluer les impacts selon les effets seuils et non proportionnellement à la dose. La prise en compte des effets seuil permet de tendre vers une

plus grande réalité de l'impact (cf. figure 19). La comparaison des courbes de cette figure met en évidence l'écart à la réalité de l'approche Site Generic. On observe une majoration de l'impact en utilisant cette approche dans l'aire I, une minoration dans l'aire II et une majoration dans l'aire III.

Globalement, l'approche « Site Dependent » peut se résumer dans le synoptique de la figure 20.

Les cinq points de l'approche « Site Dependent » construits au regard de la chaîne cause à effet d'un impact :

- La caractérisation qualitative et quantitative de l'émission et de la source d'émission ;
- L'analyse du devenir du polluant permettant de déterminer quelle quantité de polluant émis sera en contact avec les cibles après les phénomènes de transport, dispersion, dégradation et dépôt ;
- L'analyse de l'exposition permettant d'identifier les voies d'exposition des cibles potentiellement présentes ;
- L'analyse de l'effet permettant de comparer la quantité en contact avec les cibles et les seuils d'effet de ce polluant sur ces cibles ;
- L'analyse des dommages permettant de qualifier et quantifier les effets sur les cibles.

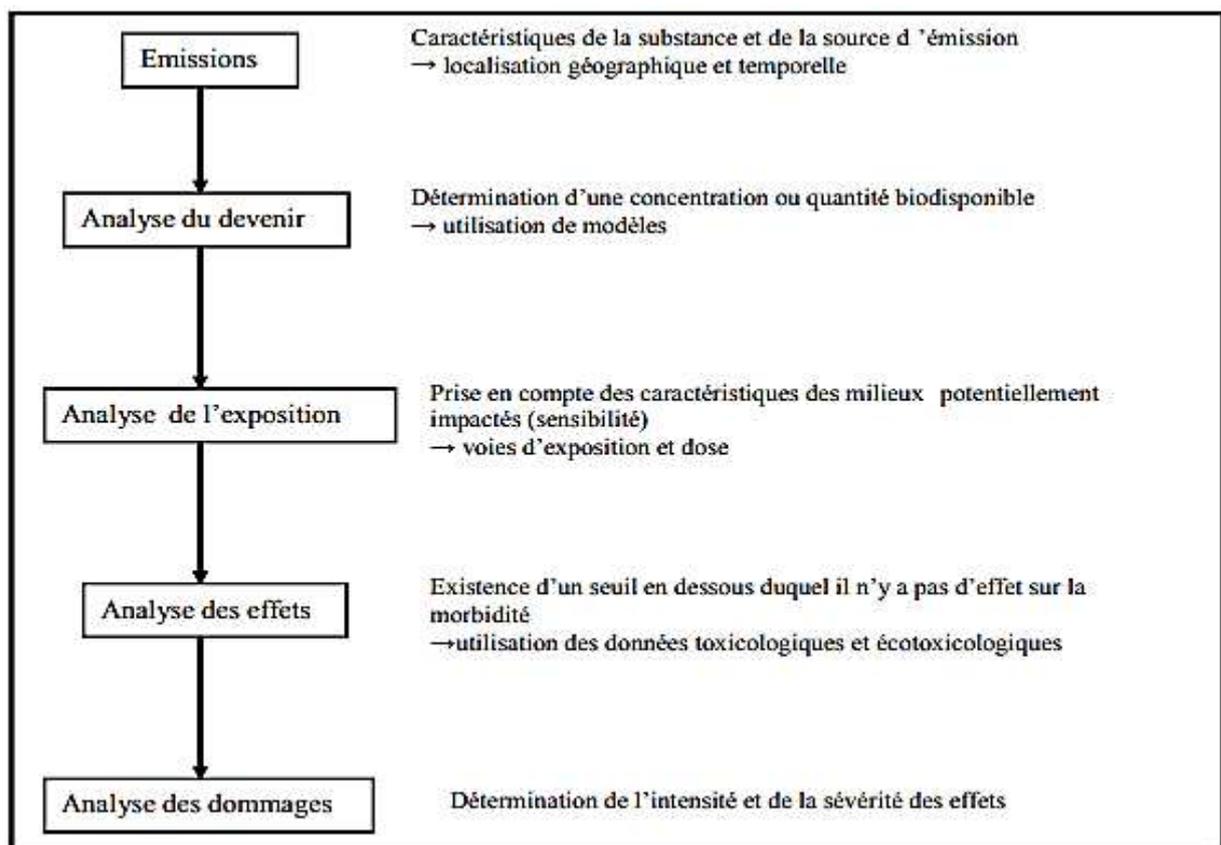


Figure 20 : Synoptique de l'approche « Site Dependent »

8.2 Les limites de cette nouvelle approche

Cette nouvelle procédure de classification s'appuie sur la chaîne cause à effet d'un impact à travers l'application de l'approche « Site Dependent ». Les connaissances scientifiques de l'enchaînement des maillons de cette chaîne sont limitées. Dès lors, une méthodologie s'appuyant sur cette chaîne est soumise à des incertitudes et à des limites. La première de ces limites est la remise en cause, par l'utilisation de l'approche « Site Dependent », de l'évaluation d'impacts potentiels et non réels lors d'une ACV. En outre, cette procédure étant complexe, elle est difficilement applicable de manière systématique à l'ensemble des processus. Elle entraîne également un recueil plus fourni des données en ce qui concerne les caractéristiques spatio-temporelles des sources d'émission, ces données n'étant pas forcément disponibles pour tous les processus d'un cycle de vie.⁸⁴

9. L'ACV appliquée au secteur de la construction

9.1 Avantages de l'application de l'ACV dans le bâtiment

L'application de la méthodologie ACV dans le bâtiment permet d'innombrables opportunités pour le secteur de la construction, elle permet :

- La prise de décision par les entreprises de construction,
- L'identification d'opportunités d'amélioration possibles en termes d'impacts sur l'environnement dans le secteur de la construction compte tenu du cycle de vie des bâtiments,
- L'établissement de priorités pour la conception écologique ou l'éco-réhabilitation des bâtiments,
- La sélection de fournisseurs de matériaux de construction et d'équipements énergétiques,
- L'établissement de stratégies et des politiques fiscales pour la gestion des déchets de la construction et le transport des matériaux de construction,
- La définition de nouveaux programmes de R&D,
- La définition de règles de l'éco-efficacité et la politique d'aide à la construction et à la réhabilitation, etc.

Les études ACV analysent l'influence des variables qui interviennent tout au long du cycle de vie du bâtiment et comparent les impacts environnementaux de différents choix de conception. Ces études peuvent également aider à atteindre l'étiquetage environnemental des bâtiments, qui en fonction des politiques nationales ou régionales, permette d'obtenir des aides et des subventions et éventuellement de réduire les taxes et les frais, comme conséquence directe de la réduction de l'impact environnemental.

Une étude ACV permet d'évaluer l'influence des principales décisions adoptées lors de la phase de conception du bâtiment pour l'entretien, les coûts d'exploitation et les impacts

⁸⁴ Lynda Aissani. Intégration des paramètres spatio-temporels et des risques d'accident à l'Analyse du Cycle de Vie : Application à la filière hydrogène énergie et à la filière essence. Ingénierie de l'environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2008. Français. NNT : 2008EMSE0043. tel-00783708

réels de la construction sur l'environnement. Il est ainsi possible d'évaluer les économies d'énergies et la réduction des émissions associées à la mise en œuvre de différentes solutions constructives et architecturales à faible impact au niveau local, régional et mondial.

Ainsi l'ACV permet la prise de décision au regard de la globalité des impacts environnementaux du cycle de vie des bâtiments. Cela permet d'éviter les évaluations partielles qui oublient certaines étapes du cycle de vie ou certains impacts environnementaux (par exemple, la certification énergétique évalue un seul aspect de l'environnement : la consommation d'énergie, et une seule étape du cycle de vie du bâtiment : l'usage du bâtiment).

En combinant l'ACV avec l'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) (Gluch P., H. Baumann, 2004; D. Langdon, 2007) on obtient une meilleure rentabilité économique des investissements liés à la construction ou à la réhabilitation, en contribuant à une meilleure gestion énergétique des bâtiments. Cette combinaison peut, par exemple, être utilisée pour sélectionner des solutions constructives alternatives, pour identifier la solution technique répondant à un ensemble d'objectifs environnementaux et à moindre coût ou pour la prise en compte de l'impact environnemental.

L'utilisation de l'ACV aide également à promouvoir la construction de bâtiments Zéro Émission (P. Hernandez, P. Kenny, 2010), avec un impact très faible sur l'environnement, intégrant des techniques d'écoconception architecturales de pointe, de bio construction, à économies d'énergie, d'eau et de matériaux et les énergies renouvelables, afin d'obtenir un maximum d'efficacité des ressources disponibles et un maximum de confort thermique.⁸⁵

9.2 État de l'art de l'application de l'ACV dans le bâtiment

L'application de l'approche du cycle de vie («life cycle thinking») est actuellement faible dans le secteur de la construction, elle reste confinée à des bâtiments très spécifiques, tels que les bâtiments de démonstration ou pilotes dans le cadre de projets dans R&D, les éco-quartiers et les éco-cités, les bâtiments représentatifs tels que les sièges sociaux de grandes entreprises, etc.

Actuellement dans les régions de la zone SUDOE, les études ACV a un niveau des bâtiments sont élaborées de manière croissante mais dans des cas très ponctuels, principalement par des centres R&D et des universités ainsi que des consultants spécialisés. Par ailleurs, au niveau des produits, l'ACV est utilisée très occasionnellement (bien que de manière croissante), par les fabricants de matériaux de construction dans l'élaboration de ses déclarations environnementales de produits et d'autres informations (ex : FDES).

⁸⁵ « Manuel explicatif de l'Analyse de Cycle de Vie appliquée à la construction » Projet EnerBuiLCA, Barcelone (Novembre 2012). 53 pages. p.25-29. Disponible en ligne : <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/FEAAE47C-4B55-4B71-0650-B9C9703EB25F.pdf>

9.3 Les barrières face à l'application de l'ACV dans le bâtiment

En dépit des opportunités significatives qui supposeraient une démocratisation de l'ACV, il existe actuellement un certain nombre de barrières et d'obstacles à surmonter pour parvenir à une application généralisée de dans les bâtiments.

- **Les obstacles d'ordre technique** : associés à la disponibilité des outils et des bases de données appropriées pour le secteur
- **Les obstacles d'ordre formatif** : associés à la disponibilité d'un corps technique suffisamment formé, qualifié et répandu sur le territoire.
- **Les obstacles d'ordre économique** : liées au coût élevé de la mise en œuvre de l'ACV dans le bâtiment, que ce soit par manque d'outils et d'information, le manque de personnel qualifié, ou le temps nécessaire pour effectuer de telles études.

Par conséquent, l'ACV est généralement perçue comme une méthode compliquée par les acteurs du secteur de la construction, les difficultés existant dans la compréhension des résultats. La raison en est, en grande partie, le manque de connaissance de cette méthode, comme indiquent, par exemple, les résultats d'enquêtes menées au près des professionnels.

Mais sans doute le plus important obstacle à l'utilisation généralisée de l'ACV dans le bâtiment, est le manque de mesures d'incitation et d'exigences réglementaires, ce qui conduit à une faible demande pour la réalisation de telles études. Par exemple, à l'heure actuelle il n'ya pratiquement pas de lien entre l'ACV et les procédures de certification énergétique qui ont été développées ces dernières années. Par conséquent, dans certains cas, il peut y avoir une contradiction d'obtenir une meilleure performance énergétique, malgré l'entraînement d'une plus grande consommation d'énergie primaire à l'échelle globale, sachant que l'énergie grise des matériaux de construction n'est pas pris en compte dans la certification énergétique.

L'intégration de l'ACV dans les procédures actuelles de certification énergétique des bâtiments permettrait d'améliorer les procédures d'évaluation de l'énergie grise des matériaux de construction, l'impact du transport associés et l'élimination finale des matériaux, en obtenant une meilleure approximation de l'impact environnemental réel du bâtiment.

9.4 Quelques solutions

Les principales actions qui doivent être mises en œuvre pour surmonter les obstacles cités ci-dessus sont:

- La formation et la sensibilisation à l'importance de l'ACV s'adressant à tous les acteurs du secteur ;
- Un soutien financier pour la réalisation des études et des projets ;
- L'offre d'une synthèse des informations et de guides simples pour l'aide à la conception des bâtiments en construction neuve et en réhabilitation ;

- L'établissement d'exigences réglementaires relatives à la prise en compte des impacts environnementaux sur tout le cycle de vie des bâtiments, et non seulement dans la phase d'utilisation.⁸⁶

10. Les utilisations de l'ACV

Les diverses manières d'utilisation de l'ACV sont présentées de façon synthétique dans le tableau suivant, tiré de [CHEVALIER, 1999] et [SETAC, 1993].⁸⁷

⁸⁶ « Manuel explicatif de l'Analyse de Cycle de Vie appliquée à la construction » Projet EnerBuiLCA, Barcelone (Novembre 2012). 53 pages. p.49-51. Disponible en ligne : <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/FEAAE47C-4B55-4B71-0650-B9C9703EB25F.pdf>

⁸⁷Sébastien Renou. Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées :. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006. Français. NNT : 2006INPL001N. tel-01752508

Tableau 9 : Les utilisations de l'ACV

UTILISATION / PROBLEMATIQUE	AMELIORER	SELECTIONNER	CONTROLLER/ GERER	REGLEMENTER	EDUQUER/ INFORMER	VENDRE
COMPARAISON DE SYSTEMES CONCURRENTS	Veille technologique	Investissement, (achat, conception), argumentation pour des décisions stratégiques (modes de transport)		Ecolabels	Eduquer le public à la consommation écologiquement responsable	Marketing « vert » sur le thème "mon produit est le plus respectueux de l'environnement"
COMPARAISON DES ETAPES DU CYCLE DE VIE D'UN MEME SYSTEME	Identification des améliorations possibles, diagnostic environnemental	Dégagement de priorités en matière de politiques publiques (identification des étapes sensibles pour développer des stratégies), diagnostic environnemental	Gestion sur le cycle de vie (management environnemental)	Ecolabels, proposition de nouvelles normes	Sensibiliser le public sur les transferts de pollution, sur le cycle de vie d'un produit dans le but de développer la consommation « verte », éliminer des préjugés	
COMPARAISON D'UN SYSTEME ET DE SES ALTERNATIVES	Evaluation des solutions d'amélioration proposées, veille technologique	Investissement, (achat, conception), argumentation pour des décisions stratégiques (systèmes énergétiques)		Ecolabels	Eduquer le public à la consommation « verte », sensibiliser le public sur le thème "il existe des solutions meilleures pour l'environnement"	Marketing « vert » sur le thème "mon produit est le plus respectueux de l'environnement"
COMPARAISON D'UN SYSTEME AVEC UNE REFERENCE			Analyse de conformité	Justification des réglementations en vigueur		Marketing vert sur le thème "mon produit respecte les normes en vigueur"

11. Coût et durée d'une ACV

Les coûts et durée de réalisation sont bien entendu très variables d'une ACV à l'autre. Ils dépendent de l'ambition de l'objectif, de l'étendue à étudier ainsi que de l'existence et de l'accessibilité de données d'inventaires publiques ou publiées. A titre d'ordre de grandeur, les coûts s'échelonnent de 10.000 à X0.000 euros pour des produits pour lesquels existent déjà des bases de données couvrant une grosse partie du cycle de vie. Si les données sont particulièrement spécifiques et jusque là non recueillies sous forme d'inventaire, l'ACV peut dépasser la centaine de milliers d'euros.

En matière de délais, si les études les plus simples peuvent être réalisées en quelques semaines, dès lors que le sujet est un peu plus complexes et qu'il nécessite le recueil de données et/ou la négociation d'un certain nombre d'hypothèses avec des représentants professionnels, les délais sont forcément de plusieurs mois et peuvent facilement dépasser l'année. Pour les études les plus lourdes (comparaison de produits ou de filières par exemple), nécessitant un grand nombre de représentants et la réalisation d'une revue critique multi-acteurs finale, la durée totale de l'étude peut approcher 16 à 24 mois, sachant que les délais de réalisation sont plus souvent dictés par la disponibilité des participants pour se réunir et les délais de réponse aux questions et demandes de données émanant du bureau d'études que par le travail effectif du dit bureau d'études.⁸⁸

12. Exemple pratique : ACV appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées

Les usines d'épuration des eaux usées se caractérisent par une grande variété de procédés de traitement. Cette diversité de technologies existantes permet de construire une multitude de filières de traitement. Or chaque procédé consomme de l'énergie, des réactifs et émet diverses substances polluantes dans l'environnement. Les filières de traitement engendrent par conséquent des impacts environnementaux très variables. Il est donc difficile d'identifier et de comparer les performances environnementales des systèmes de traitement.

Pour répondre à cette question, le recours à un outil d'évaluation environnementale des filières de traitement des eaux usées semble incontournable. L'étude des méthodes d'évaluation environnementale existantes nous a orienté sur le choix de l'analyse de cycle de vie.

⁸⁸ N.Boeglin & D.Veuillet « Introduction à l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) ».Note de synthèse externe. ADEME, Département Eco-Conception& Consommation Durable (Mai 2005).13pages. p.12. Disponible en ligne : https://ressources.fondation-ued.fr/Cours_CRATERRE/media/noteacvexterne.pdf

12.1 Description de l'usine d'épuration

Afin d'identifier les problèmes pratiques d'une étude ACV et de disposer de renseignements représentatifs, l'ACV est réalisée sur une station de traitement existante. Le système étudié est donc une station exploitée par la Générale des Eaux, que nous appellerons station A. Mise en eau en 1998, cette station est dimensionnée pour traiter la pollution de 140 000 E.H⁸⁹.

12.1.1 Filière de traitement de l'eau

Les eaux usées arrivant à la station sont prétraitées (dégrillage, dégraissage, dessablage) puis envoyées sur deux files de traitement biologique. Les graisses sont traitées dans un bassin biologique qui nécessite l'ajout de nutriments (ammoniac et acide phosphorique). Les prétraitements ont lieu dans un bâtiment fermé et désodorisé. L'unité de désodorisation se compose de trois colonnes à garnissage de traitement de l'air, qui utilisent de l'acide sulfurique, de la soude et de l'eau de javel. Les sables sont traités et classés en trois catégories : deux types de déchets partent en centre de stockage et une partie des sables est recyclée pour les travaux de voirie de la Générale des Eaux. La station accueille également des matières de vidange, des matières de curage et des effluents industriels.

Les eaux prétraitées sont ensuite envoyées vers deux files identiques de traitement biologique. La première étape est un traitement en anaérobiose qui permet une déphosphatation par voie biologique. Puis le traitement de l'eau se fait dans des bassins à boues activées en faible charge. Le bassin principal a la forme d'un chenal d'oxydation le long duquel sont régulièrement placés des systèmes d'aération par ponts brosses. Cette disposition assure le traitement de la pollution organique et azotée (par nitrification / dénitrification) en créant des zones aérobies et anoxies. Les clarificateurs séparent l'eau de la boue. L'eau est rejetée dans le cours d'eau. Les boues sont soit recyclées en tête du bassin en anaérobiose, soit extraites vers la file de traitement des boues.

12.1.2 Filière de traitement des boues

Les boues extraites sont épaissies par flottation, puis stockées dans une bache tampon en attendant d'être conditionnées par du lait de chaux (préparé sur site avec de la chaux éteinte) et du chlorure ferrique. La boue est conditionnée dans une bache de maturation. Elle est ensuite déshydratée sur filtre presse. Enfin les boues sont stockées sur une aire aménagée de la station (récupération des lixiviats, non couvert) en attendant la période propice à leur épandage.

⁸⁹ Équivalent-habitant : Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration.

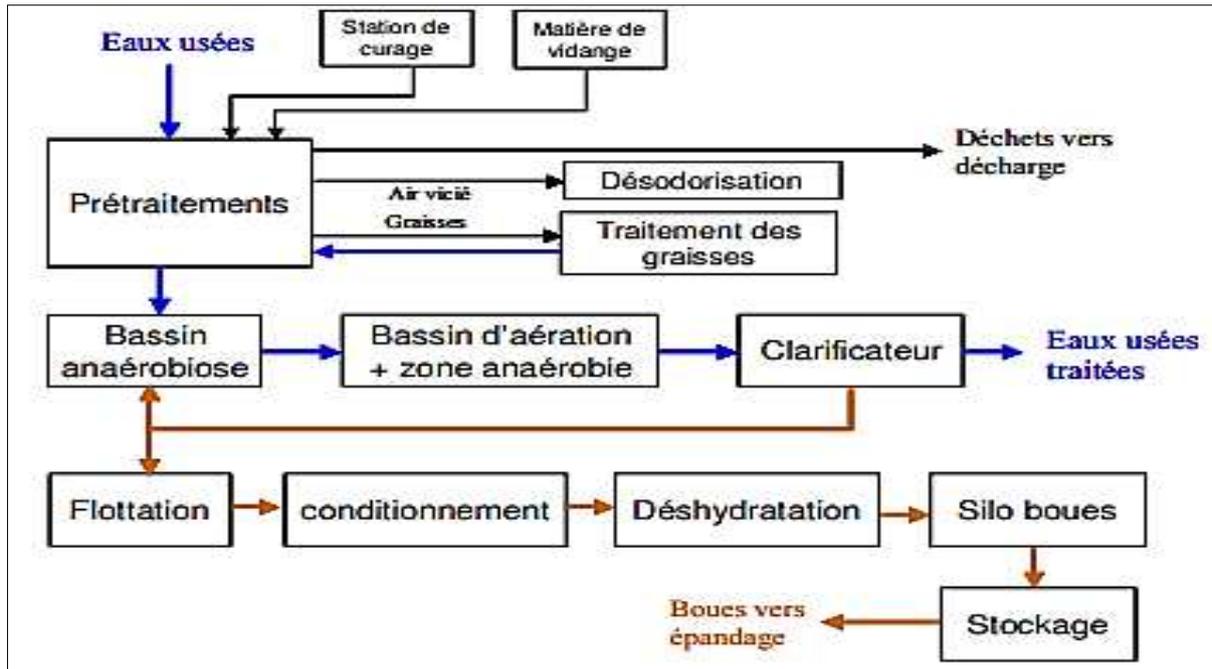


Figure 21 : Schéma de la station d'épuration

12.2 Unité fonctionnelle

La fonction d'un STEP est de traiter les eaux usées d'un espace donné. L'unité fonctionnelle est donc :

Le volume d'eau usée à traiter arrivant à la station A durant une année

Tous les flux et les résultats énoncés dans cette étude seront donc exprimés en unité de flux par an.

12.3 Frontières du système étudié

Au sens de l'ACV (notion de cycle de vie), le système étudié comprend la station et les activités qu'elle engendre : production de réactifs et d'énergie, transports divers, épandage... mais aussi construction, exploitation et démantèlement de la station. Cette étude est limitée à la phase exploitation de la station faute de données suffisamment robustes sur les étapes de construction et de démantèlement.

Le scénario étudié a été découpé en six modules :

- la station,
- la production d'électricité,
- la fabrication de chaux éteinte,
- la fabrication de chlorure ferrique,
- la fabrication des autres réactifs (utilisés pour la désodorisation et acide sulfurique, soude, eau de javel, acide phosphorique, ammoniacque, acide chlorhydrique). Pour simplifier la lecture des résultats, ces réactifs ont été regroupés en un seul module,

- les transports des boues, des réactifs de l'usine de fabrication vers la station et des déchets vers le centre de stockage. Pour simplifier la lecture des résultats, les transports ont été regroupés en un seul module,
- l'épandage qui inclut l'impact des boues épandues sur les parcelles agricoles et celui du véhicule nécessaire à l'épandage.

12.4 Logiciel et méthodes

Dans cette étude, nous avons utilisé le logiciel SimaPro 5 (développé par Pré Consultants, Pays Bas) pour modéliser les filières, recenser les flux, établir les inventaires et calculer les impacts à partir des différentes méthodes de calcul d'impact.

Pour la phase d'évaluation, les méthodes de calcul d'impact disponibles dans SimaPro ont été utilisées :

- CML (version 2000),
- Eco-indicator (version 1999),
- EDIP (version 1996),
- EPS,
- Ecopoints (version 1997).

Utiliser plusieurs méthodes pour évaluer chacun des impacts et voir s'il y a convergence ou non des résultats permet de vérifier la validité des résultats. La comparaison de ces méthodes permettra également d'analyser l'influence de celles-ci sur les conclusions de l'étude.

12.5 Impacts évalués

Dans cette étude nous avons choisi d'évaluer la station sur cinq impacts :

- l'acidification,
- l'effet de serre,
- l'eutrophisation,
- la toxicité,
- les ressources non renouvelables.

12.6 Particularités méthodologiques de l'ACV en traitement des eaux

Plusieurs caractéristiques spécifiques au domaine du traitement des eaux compliquent l'application des ACV dans ce domaine. Plus précisément, il semble que ces caractéristiques ne soient pas spécifiques au domaine du traitement des eaux, mais plus généralement au secteur du traitement des déchets. Nous essaierons ici de décrire ces propriétés que nous regroupons en trois catégories :

- la structure du cycle de vie,
- les propriétés des procédés de traitement,
- les propriétés du produit traité : l'eau usée.

12.6.1 Structure du cycle de vie

En ACV, les frontières du système étudié sont établies en suivant les principes du concept du cycle de vie. On assimile ainsi fréquemment le cycle de vie aux trois phases de l'existence d'un produit : construction, utilisation et démantèlement. Toutefois la structure du cycle de vie est différente suivant le type de système étudié, ce qui peut engendrer certaines modifications lors de l'établissement des limites du système. Ainsi, la définition du cycle de vie varie en fonction de l'objet étudié.

Pour l'ACV d'un procédé dont le produit est un polluant (procédé de traitement des déchets), deux cycles de vie coexistent :

- le cycle de vie du produit traité (déchet, eau usée ou boue),
- le cycle de vie du système de traitement.

Dans de nombreuses études ACV sur les systèmes de traitement d'eau, les scénarios étudiés intègrent les deux cycles de vie. Pour les systèmes de traitement des déchets, l'impact environnemental du procédé et du produit sont interdépendants :

- le procédé conditionne la qualité du produit en aval du traitement,
- la qualité du produit en amont du système influence les performances du traitement.

Les deux systèmes doivent donc être traités ensemble. La séparation des deux cycles de vie conduit à une évaluation incomplète. La coexistence de ces deux cycles de vie augmente la complexité de la modélisation du système et l'interprétation des résultats.

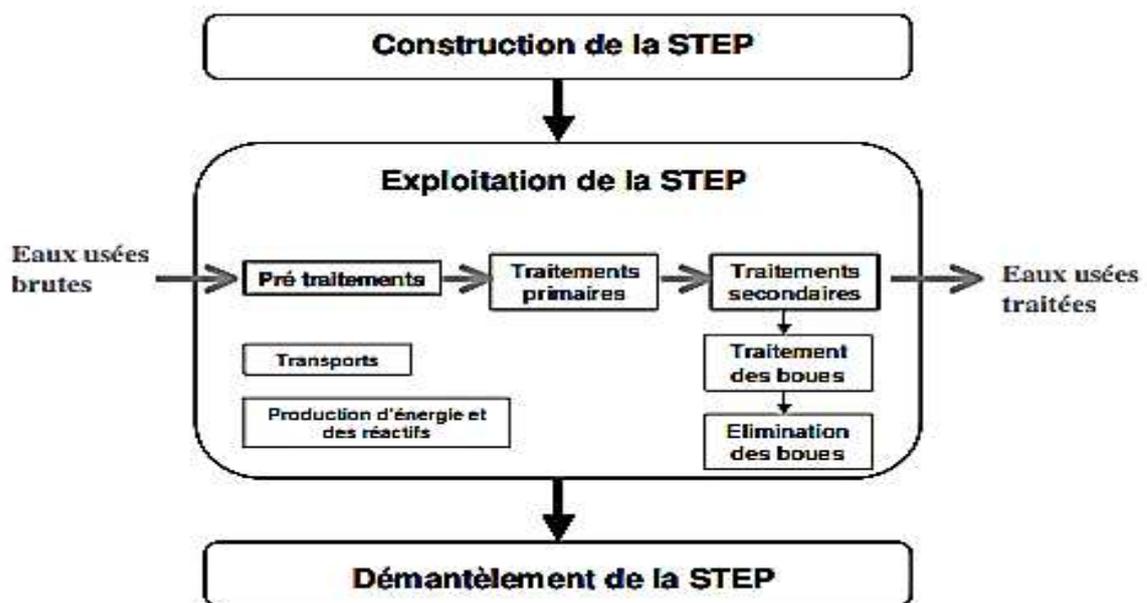


Figure 22 : Représentation des deux cycles de vie pour une STEP

12.6.2 Particularités des procédés de traitement d'eau

- **Les procédés sont uniques** : Lorsque l'on réalise l'ACV d'un produit (bouteille, véhicule), celui-ci est fabriqué à des milliers d'exemplaires. Un procédé de traitement est lui construit à quelques exemplaires (de quelques uns à des centaines). Cependant tous les procédés de traitement sont dimensionnés spécialement pour un site. Leur conception, leur volume ainsi que la pollution à traiter rendent chaque installation unique.

Ainsi, pour étudier une technologie, il faudra étudier plusieurs réalisations industrielles de ce procédé afin de distinguer les performances moyennes, spécifiques à la technologie, de performances individuelles, dépendantes des conditions locales et du dimensionnement de la technologie. De même, il faudra être prudent sur la généralisation des résultats de l'ACV réalisé sur une usine. Des tendances générales pourront être dégagées à la suite d'une série d'études de cas. Ces tendances devront être toutefois discutées avec soin sur leur validité technique.

- **Les procédés possèdent une durée de vie longue** : une usine de traitement dure plusieurs décennies (souvent estimée à 30 ans). Cette durée de vie est très longue comparée à celle d'un produit classique qui vit quelques mois à quelques années. La construction d'un produit courant est permanente en usine, celle d'un procédé est occasionnelle. Ainsi la longue durée de vie des procédés limite l'acquisition des données sur les phases de construction et de démantèlement, et donc leur évaluation.

12.6.3 Particularités du produit traité : l'eau usée

- **Le produit traité est une matrice de polluants** : Contrairement à un système classique, les procédés de traitement ont la particularité d'avoir un flux fonctionnel, l'eau usée, qui est également un polluant, et donc qui doit être comptabilisé dans l'inventaire de cycle de vie. Plus précisément, l'eau usée est constituée d'une matrice de polluants. En effet, l'eau usée à traiter est la résultante de l'ensemble des effluents rejetés dans le réseau (eaux domestiques, industrielles...), ce qui constitue des milliers de substances polluantes.

Cette caractéristique de l'eau usée pose un problème au niveau de la définition de l'unité fonctionnelle et également pour la comptabilisation des flux polluants dans l'inventaire du cycle de vie.

- **L'eau usée traitée est unique** : Parce qu'elle est composée de polluants dont la qualité varie d'une ville à une autre, l'eau usée est spécifique d'un réseau. Chaque site traité est donc unique. Les performances du système de traitement dépendront fortement de cette qualité. Il est donc impossible de comparer en théorie des usines de traitement établies sur des sites différents.

12.7 Synthèse des résultats

12.7.1 Acidification

L'impact acidification est évalué de manière robuste par ACV : les méthodes sont convergentes. La méthode Eco-indicator paraît moins fiable que les autres car elle fusionne les impacts acidification et eutrophisation. Cependant la forte incertitude sur le flux d'ammoniac rend le résultat peu fiable. Ainsi les étapes les plus importantes sont soit la production d'électricité et de chaux (oxydes de soufre et d'azote) soit la station (ammoniac). L'étude de sensibilité a en effet montré l'influence des émissions d'ammoniac des boues. La production des autres réactifs et les transports sont négligeables.

12.7.2 Effet de serre

Les résultats présentés par l'ensemble des méthodes sont très homogènes : l'évaluation par ACV de l'impact effet de serre peut donc être considérée comme robuste : la méthode du GIEC semble admise par l'ensemble de la communauté scientifique.

En suivant cette méthode du GIEC (le CO₂ biogène est négligé), l'impact est causé par les consommables : production d'électricité et de réactifs utilisés en grande quantité, comme la chaux ou le chlorure ferrique. Les transports, les autres réactifs, la station et l'épandage sont négligeables.

12.7.3 Eutrophisation

L'impact est principalement causé par la station à cause des substances azotées et phosphorées de l'eau usée rejetée dans le cours d'eau, et cela bien que la station respecte la législation et garantisse presque les exigences demandées pour les zones sensibles. L'impact eutrophisation montre qu'il n'y a pas d'autres sources significatives de polluants que la sortie eau de la station. L'analyse de sensibilité qui a comparé les deux scénarios « avec station » et « sans station » montre le rôle protecteur de la station et sa performance globale en termes d'élimination des polluants azotés et phosphorés, soit 80 % pour la station étudiée.

Cet impact est bien analysé par ACV : les méthodes de calcul d'impact sont convergentes. La méthode Eco-indicator paraît moins fiable que les autres pour la même raison que pour l'acidification.

12.7.4 Toxicité

Les résultats des méthodes de calcul de l'impact toxicité montrent une divergence importante. Pour les méthodes CML et EDIP, l'épandage est l'étape la plus toxique, les éléments traces métalliques étant fortement pondérés. Au contraire, dans Eco-indicator 99 et EPS, ce sont les consommables et la station qui sont les étapes les plus toxiques, les flux dégagés dans l'air (NO_x, SO_x, NH₃) étant considérés comme les plus dangereux. Les transports et les autres réactifs sont négligeables. Il est à noter que la station respecte la réglementation sur les flux de polluants pour l'eau traitée et les boues épandues.

12.7.5 Ressources non renouvelables

Les étapes affectant le plus les ressources non renouvelables sont la production d'électricité, puis la fabrication de la chaux. La station et l'épandage ont des impacts nuls. L'influence des transports et des autres réactifs est très négligeable. Les ressources les plus importantes, évaluées en fonction des quantités consommées mais aussi de la rareté des ressources, sont les ressources énergétiques : uranium, charbon, pétrole, etc.

Les résultats des méthodes de calcul d'impact sont convergents pour la comparaison des étapes du cycle de vie du système. Elles évaluent également les ressources énergétiques comme les plus importantes. En revanche en fonction de la méthode, la ressource énergétique la plus impactante n'est pas la même (charbon pour CML, uranium pour EPS, etc.). Cette différence semblerait provenir de la modélisation sur la rareté de la ressource.⁹⁰

⁹⁰ Sébastien Renou. Analyse de cycle de vie appliquée aux systèmes de traitement des eaux usées :. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2006. Français. NNT : 2006INPL001N. tel-01752508f

Conclusion

Ce travail a pour ambition l'étude de l'analyse de cycle de vie comme un outil du développement durable. Plus précisément, de déterminer si l'ACV constitue un outil efficace quant à la détermination des impacts environnementaux des services et des activités économiques et/ou industrielles.

En théorie, l'ACV est un outil très efficace quand il s'agit d'études des impacts environnementaux. C'est la seule démarche qui propose une vision globale sur la vie du produit, indépendamment de sa nature et du contexte spatio-temporel, et prend en considération tout les impacts liés à chaque étape de celle-ci « Du berceau jusqu'à tombeau ». Cependant, pour que les résultats de l'ACV soient pertinents, sa mise en œuvre sur le plan pratique nécessite une maîtrise poussée de savoirs académiques et une grande rigueur lors de la collecte des données de l'inventaire. Soulignons aussi l'importance de la prise en compte des facteurs liés à l'organisation des entreprises et des spécificités par secteurs d'activités.

Concernant l'applicabilité de l'ACV dans le domaine du développement durable, nous pouvons noter que l'ACV, de base, se concentrait principalement sur l'aspect environnemental/économique. L'aspect social qui est pourtant un des piliers du développement durable n'était pas pris en compte. En revanche, Il faut noter que des initiatives pour développer une ACV sociale sont de plus en plus présentes.

Plusieurs études ont pour objet l'amélioration du processus et de la fiabilité des résultats de l'ACV. Parmi ces démarches, nous pouvons citer la création des ACV simplifiées et l'intégration des paramètres spatio-temporels dans l'ACV.