

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة عمارثليجي - الأغواط

Faculté : Génie Civil et D'Architecture

Département : Génie Civil

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie Civil

Spécialité : Constructions civiles et Environnement

Polycopié de Cours

Destiné aux étudiants de: Licence Niveau 3ème Année

Infrastructure durable et impacts sur l'environnement

Présenté par : Dr. DJOUDI AMINA

Maître de conférences A, Université de Laghouat

Email : a.djoudi@lagh-univ.dz

Année universitaire : 2025/2026

CONTENU DU MODULE

Semestre: 6

Unité d'enseignement: UEM 6

Matière 2: Infrastructure durable et impacts sur l'environnement

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Cible(s) de formation

Maîtriser les rôles joués par l'ingénieur civil dans la gestion de l'environnement et des impacts environnementaux, sociaux et économiques. Connaître les différents outils d'analyse environnementale, économique et sociale et leurs objectifs. Appliquer les outils simplifiés du cycle de vie sur des projets d'infrastructures de génie civil.

Contenu

Introduction aux concepts et origines du développement durable, à l'économie circulaire, aux problématiques environnementales et à la pensée cycle de vie. L'analyse environnementale du cycle de vie. L'analyse sociale du cycle de vie. L'analyse des coûts du cycle de vie.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu : Examen : 100%.

Table de Matières

CONTENU DU MODULE

Introduction Générale	1
Chapitre1: Introduction aux concepts, origines du développement durable, à l'économie circulaire aux problématiques environnementales et la pensée cycle de vie	3
I. Introduction	4
II. Les trois piliers du développement durable	4
III. Co développement	4
IV. Différentes approches de la notion de durabilité	5
V. Gouvernance dans les entreprises : Responsabilité sociale des entreprises (RSE)	5
VI. Éducation au développement durable	6
VI. Outils et mesure du développement durable.	6
VI.1. PIB et développement durable	6
VI.2. Indices agrégés	6
VI.3. Outils d'aide à la décision pour le développement durable	7
VII. Gestion transversale et domaines d'application	7
VIII. Ventes et logistique	7
IX. Marketing	8
X. Aspects juridiques	8
XI. Achats	8
XII. Finance	9
XIII. Economie circulaire	9
XIII.1. Principes fondamentaux de l'économie circulaire	10
XIII.2.1. L'approvisionnement durable.....	10
XIII.2.2.L'écoconception.....	10
XIII.2.3. L'écologie industrielle et territoriale	10
XIII.2.4. L'économie de la fonctionnalité	10
XIII.2.5. La consommation responsable	10
XIII.2.6. L'allongement de la durée d'usage	10
XIII.2.7. L'amélioration de la prévention, de la gestion et du recyclage	10
IXV. Problèmes environnementaux	11
XV. Pensée cycle de vie	12
XV.1. Définition	13
XV.2. Méthode d'analyse de cycle de vie	14

XVI. Conclusions	14
Chapitre 2: Analyse environnementale de cycle de vie	15
I. Introduction	16
II. Définitions	17
II.1. Analyse environnementale.....	17
II.2. Aspect environnemental	18
II.3. Impact environnemental.....	19
III. Intérêt.....	19
IV. Acteurs	20
V. Méthode.....	21
V.1. Identification les activités de l'organisme et son milieu	23
V.1.1. Identification des pratiques de l'organisme pouvant avoir un impact sur l'environnement	23
.....	
V.1.2. Découpage de l'organisme par activité	23
V.1.3. Etude de chaque étape des activités produits et services	25
V.1.4. Réalisation d'un bilan Entrées /Sorties pour chaque activité ou étape du cycle de vie	25
V.1.5. Caractéristiques et vulnérabilité de l'environnement du site	26
V.2. Détermination du caractère significatif des aspects et impacts environnementaux.	26
V.2. 1. Identification de tous les aspects environnementaux et de leurs impacts	26
V.2. 2. Identification des aspects environnementaux significatifs (AES).....	27
V.2. 3. Choix des critères de cotation par l'organisme.....	28
V.2. 4. Evaluation du niveau de maîtrise	28
V.2. 5. Méthode de hiérarchisation	29
V.3. Identifier et évaluer les aspects et impacts environnementaux dans une perspective de cycle de vie.....	29
V.3.1. Elargissement de la réflexion au-delà de ses propres sites ou activités lors de l'identification des aspects environnementaux	29
V.3.2. Choix d'une unité de référence	30
V.3.3. Etablissement de l'inventaire du cycle de vie.....	30
.....	31
V.4. Définir les risques et opportunités liés aux aspects et impacts environnementaux	
V.4.1. Application de l'approche « Risques et opportunités» pour les AESI	31
VI. Évaluer le cycle de vie du produit de manière élémentaire	31
VII. Exemple sur le calcul des impacts environnementaux de deux matériaux de construction.....	31
VII.1. Les catégories d'impacts étudiées	31
VII.2. Scénario de cycle de vie	31
VII.3. La Méthodologie d'ACV.....	33
VII.3.1. Objectifs et champs d'étude	33
VII.3.2. Réalisation de l'inventaire	33
VII.3.3. Analyse d'impact environnemental.....	33

VII.3.4. Présentation et interprétation des résultats.....	36
VIII. Conclusion.....	40
	44
Chapitre 3: Analyse sociale de cycle de vie	46
I. Introduction	47
II. Définitions	47
II.1. Définition et structure de l'analyse sociale de cycle de vie	47
II.2. Catégories de parties prenantes, catégories d'impact et sous-catégories d'impact	49
II.3. Principales définitions des concepts fondamentaux	51
III. Eléments de méthodologie pour réaliser une ACVS	52
IV. Conclusion.....	53
Chapitre 4: Analyse des coûts du cycle de vie.....	55
I. Introduction	56
II. Définitions	56
II.1. Analyse des coûts de cycle de vie	56
II.3. Marchés.....	56
II. 3. Concept Central	57
II.2.1. Évaluation des Coûts	57
II.2.2. Évaluation des Coûts d'Exploitation	57
II.2.3. Coûts de Maintenance et de Réparation	57
II.2.4. Considération des Coûts de Fin de Vie	57
III. Applications Pratiques.....	57
IV. Applications dans le Bâtiment	58
V. Types d'approches d'une ACCV	58
VI. Types d'ACCV.....	59
VI.1. Coût global direct	59
VI.2. Coût global élargi	59
VI.3. Coût global partagé	60
VII. Notions.....	61
VII.1.Valeur actualisée P	61
VII.2.Taux d'actualisation	61
VII.3.Valeur actualisée nette VAN	61
VII.4. Coût global	61
VII.5. Rentabilité financière TRI ou Taux de Rendement de l'Investissement.....	61
VII.6. Temps de retour TR	61
VII.7. Temps de retour actualisé TRA	61
VIII. Étapes clés pour le calcul	62
IX. Exemples d'application	62
IX.1. Construction et infrastructures	62
IX.2. Achat d'équipement	62
IX.3. Écoconception	62

IX.4. Transport	62
X. Avantages et inconvénients d'une ACCV	62
XI. Conclusion	63
Conclusion générale	64
Références bibliographiques	67
Annexes	69

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Une infrastructure durable est un système de services (routes, bâtiments, réseaux, etc.) conçu et construit pour répondre aux besoins présents tout en minimisant l'impact environnemental, économique et social, et en étant résilient aux chocs futurs. Elle intègre des considérations de durabilité dès la conception jusqu'à l'entretien, en privilégiant des matériaux respectueux de l'environnement, l'efficacité énergétique et l'intégration de principes sociaux.

Le but majeur de ce polycopié est de maîtriser les rôles joués par l'ingénieur civil dans la gestion de l'environnement et des impacts environnementaux, sociaux et économiques, connaître les différents outils d'analyse environnementale, économique, sociale, leurs objectifs et appliquer les outils simplifiés du cycle de vie sur des projets d'infrastructures de génie civil.

Le présent polycopié est destiné aux étudiants de troisième année licence, option : Constructions Civiles et Environnement pour un volume horaire de 22h 30 minutes en 15 semaines.

Le premier chapitre est une Introduction aux concepts et origines du développement durable, à l'économie circulaire, aux problématiques environnementales et à la pensée cycle de vie.

Le deuxième chapitre définit l'analyse environnementale en évaluant les aspects et impacts environnementaux dans une perspective de cycle de vie.

Le troisième chapitre décrit la méthodologie d'une analyse sociale de cycle de vie (ASCV), permettant d'évaluer les impacts sociaux des produits et services tout au long de leur cycle de vie tout en donnant le champ d'application, types d'impact et objet de l'ASCV

Le dernier chapitre est consacré à l'analyse des coûts de cycles de vie tout en donnant des exemples pratiques dans la construction et infrastructures.

En fin, une conclusion générale sur le développement durable et les trois analyses de cycle de vie ainsi on présente dans l'annexe des questions de cours avec réponses pour une meilleure compréhension du module.

CHAPITRE 1

Introduction aux concepts et origines du développement durable, à l'économie circulaire, aux problématiques environnementales et la pensée cycle de vie

Chapitre 1: Introduction aux concepts et origines du développement durable, à l'économie circulaire, aux problématiques environnementales et la pensée cycle de vie

I. Introduction

Le développement durable (anglais : sustainable development qui peut aussi être traduit en français par développement soutenable) est une conception de l'intérêt public développée depuis la fin du XXe siècle, appliquée à la croissance économique et considérée à l'échelle de la planète. La notion vise à prendre en compte les aspects environnementaux et sociaux qui seraient liés à une globalisation financière des intérêts à long terme. Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans corrompre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. Tous les secteurs d'activité sont concernés par le développement durable : l'agriculture, l'industrie, l'habitation, l'organisation familiale, mais aussi les services (finance, tourisme,...) qui contrairement à une opinion répandue, ne sont pas qu'immatériels. Plus simplement, le développement durable est un mode de développement qui a pour but de produire des richesses tout en veillant à réduire les inégalités mais sans pour autant dégrader l'environnement.

II. Les trois piliers du développement durable

L'objectif du développement durable est de définir des schémas viables qui concilient les trois aspects, écologique, social et économique des activités humaines : « trois piliers » à prendre en compte par les collectivités comme par les entreprises et les individus. La finalité du développement durable est de trouver un équilibre cohérent et viable à long terme entre ces trois enjeux. À ces trois piliers s'ajoute un enjeu transversal, de plus en plus considéré comme "le quatrième pilier du développement durable", indispensable à la définition et à la mise en œuvre de politiques et d'actions relatives au développement durable : la gouvernance.

III. Co développement

Est apparu comme une évolution du concept d'aide au développement économique, prenant en compte dans une approche globale et coordonnée, non seulement les aspects économiques, mais aussi les évolutions sociales, l'environnement et le fonctionnement démocratique des institutions, tout en contrôlant mieux les flux migratoires. La coopération au service du développement durable et de la solidarité étant l'une des missions que s'est fixé l'organisation internationale de la francophonie en 2004.

IV. Différentes approches de la notion de durabilité

Si les objectifs du développement durable font l'objet d'un relatif consensus, c'est son application qui demeure source d'oppositions. L'une des questions posées par le terme de « développement durable » est de savoir ce que l'on entend par « durable ». Or, la nature peut être vue de deux manières, complémentaires : il existe d'une part un « capital naturel », non-renouvelable à l'échelle humaine (la biodiversité par exemple), et d'autre part des « ressources renouvelables » (comme le bois, l'eau...). Cette distinction étant faite, deux conceptions sur la durabilité vont s'opposer. La première réponse à la question du développement durable est de type technico-économiste : à chaque problème environnemental correspondrait une solution technique, solution disponible uniquement dans un monde économiquement prospère. Dans cette approche, aussi appelée « durabilité faible », le pilier économique occupe une place centrale et reste prépondérant, à tel point que le développement durable est parfois rebaptisé « croissance durable ». L'une des réponses apportées du point de vue technologique consiste à rechercher la meilleure technique disponible (MTD, en anglais best available technology, BAT) pour un besoin identifié, ou des attentes exprimées par un marché, qui concile les trois piliers du développement durable d'une façon transversale.

Certains acteurs, et notamment de nombreuses organisations non gouvernementales ou associations environnementales, ont un point de vue tout à fait opposé à l'approche technico-économiste : pour eux, « la sphère des activités économiques est incluse dans la sphère des activités humaines, elle-même incluse dans la biosphère » : le "capital naturel" n'est dès lors pas substituable. Afin d'insister sur les contraintes de la biosphère, les tenants de cette approche préfèrent utiliser le terme de « développement soutenable » (traduction littérale de sustainable development). Ces deux approches opposées ne sont bien entendu pas les seules : de nombreuses autres approches intermédiaires tentent de concilier vision technico-économiste et environnementaliste, à commencer par les acteurs publics.

V. Gouvernance dans les entreprises : Responsabilité sociale des entreprises (RSE)

Puissantes au niveau international, créatrices de richesses et consommatrices de ressources, les entreprises ont une capacité d'intervention qui peut se révéler particulièrement efficace en faveur du développement durable. Elles participent directement au développement économique par leurs investissements; à travers les conditions de travail qu'elles proposent à leurs salariés, elles participent à créer ou réduire des inégalités sociales; consommatrices de ressources naturelles, productrices de déchets et génératrices de pollutions, leurs activités modifient plus ou moins profondément l'environnement. Pour le respect d'objectifs de développement durable par les entreprises, spécifiquement, on parle de responsabilité sociale des entreprises (corporate social responsibility) ou parfois plus précisément de responsabilité sociétale des entreprises puisque le volet de responsabilité ne correspond pas uniquement au volet "social".

VI. Éducation au développement durable

L'éducation a été appliquée dans :

- Dans l'enseignement;
- Dans les entreprises et les administrations;
- Dans la société civile.

VI. Outils et mesure du développement durable

VI.1. PIB et développement durable

Le produit intérieur brut est un indice très employé dans les comptabilités nationales pour mesurer la croissance économique, au point de conditionner une grande part des raisonnements et stratégies économiques. On dit que l'on est en croissance ou en récession selon que le PIB est en augmentation ou en diminution. Le PIB est censé à mesurer la croissance économique sur le long terme, mais il prend mal en compte la variation du capital naturel (éventuellement fossile) qui est un effet de long terme. C'est notamment la raison pour laquelle le PIB est critiqué par certains auteurs, qui en soulignent les limites pour la mesure effective de la richesse d'un pays.

Le PIB est calculé par agrégation de la valeur ajoutée des entreprises, elle-même calculée en comptabilité nationale en fonction de la production et des consommations intermédiaires. Les indicateurs de développement durable tels que ceux qui figurent dans le Global Reporting Initiative ou les indicateurs demandés par la loi sur les nouvelles régulations économiques en France, ne sont pas intégrés dans ces calculs.

La question se pose donc de savoir si le PIB est vraiment une mesure fiable de développement durable. Les insuffisances du PIB comme mesure de la croissance sur le long terme seraient à l'origine du fait que l'on parle maintenant de PIB vert et de croissance verte.

En France, l'Insee fait néanmoins figurer le PIB comme l'un des onze indicateurs de la stratégie nationale de développement durable. La France a une réflexion sur l'utilisation de nouveaux indicateurs dont l'empreinte écologique.

L'Europe a annoncé qu'elle publierait dès 2010 un indice présentant la pression exercée sur l'environnement (émissions de gaz à effet de serre, réduction des espaces naturels, pollution atmosphérique, production de déchets, utilisation des ressources, consommation d'eau et pollution de l'eau), qui accompagnera la publication du PIB.

VI.2. Indices agrégés

Les instruments macroéconomiques classiques (PIB par exemple) s'avèrent insuffisants, voire dans certains cas déficients pour mesurer le développement durable : la croissance économique apparaît ainsi dans certains cas comme déconnectée, voire opposée aux objectifs du développement durable.

Il s'agit donc de construire un indice agrégé qui permet de rendre compte au mieux de l'efficacité d'une politique de développement durable. Plusieurs indices ont

été établis, qui concernent chacun un ou plusieurs « piliers » du développement durable.

- Sur le plan économique, il est possible de donner une valeur monétaire à l'environnement (on parle alors de capital naturel) ou de PIB vert;
- Sur le plan environnemental, on peut parler d'index de durabilité environnementale (environmental sustainability index, ESI), de bilan carbone ou de tonnes de CO₂ émises (bilan carbone personnel pour les particuliers), de consommation énergétique, d'empreinte écologique;
- Sur le plan social, on parle d'indice de développement humain (qui mesure la richesse, le taux d'alphabétisation et la santé d'une population), de coefficient de GINI, d'indice de bien être durable ou d'indicateur de progrès véritable.

VI.3. Outils d'aide à la décision pour le développement durable

L'OQADD, outil de questionnement et d'aide au développement durable, est une grille de questionnement permettant de susciter des débats sur les problématiques relatives au développement durable, en mettant en avant les points-clés d'un projet. Ils se réclament à la fois de l'évaluation des politiques et de l'analyse multicritère, mais sont plutôt utilisés pour questionner des politiques ou des projets au regard des critères de développement durable. Ce sont des grilles de critères en arborescence, déclinants les principales dimensions du développement durable (économie, écologie, social, gouvernance).

Cet outil peut être soumis aux différents acteurs intervenant dans la mise en place d'un nouveau projet : des élus, des industriels, des associations de défense de l'environnement, des syndicats.

VII. Gestion transversale et domaines d'application

La mise en œuvre d'une démarche de développement durable dans une organisation (collectivité ou entreprise) est un processus complexe, qui engage toutes les fonctions de l'entreprise. Il s'agit de mettre en place une véritable gestion de programme transverse, avec des correspondants dans les principales entités de l'organisation, en impliquant les parties prenantes dans un modèle économique durable. Nous donnons ci-dessous quelques exemples de domaines d'application particulièrement concernés par la mise en œuvre d'une démarche de développement durable ou de responsabilité sociétale.

VIII. Ventes et logistique

Les ventes et la logistique sont particulièrement impactées par les questions de développement durable. La fonction administration des ventes des entreprises est en effet responsable de la livraison au client final, qui fait appel le plus souvent au transport routier, fortement consommateur de produits pétroliers.

IX. Marketing

Il s'agit d'identifier les opportunités et les menaces dans le contexte d'une sensibilité accrue des consommateurs et du marché aux enjeux du développement durable, en accord avec les parties prenantes. Le marketing doit aussi véhiculer vers les autres domaines de l'entreprise des valeurs demandées par le marché. Le marketing doit éviter de construire des messages publicitaires vantant le développement durable si le fonctionnement de l'entreprise est inchangé (écoblanchiment ou green washing).

Élizabeth Reiss montre que les entreprises ont intérêt à créer des produits et des services responsables, parce que les clients le demandent, et parce que c'est rentable. Elle donne des pistes pour revoir les modes de production et de communication. L'entreprise peut dans certains cas y gagner en productivité et fidéliser ses équipes de salariés et ses clients.

Le marketing doit répondre à la question de savoir s'il faut investir dans le recyclage ou investir dans de nouveaux produits propres, ce qui impose des choix dans la recherche et développement. La recherche peut se faire dans des laboratoires internes aux entreprises, ou en partenariat avec des laboratoires publics, par exemple dans le cadre de pôles de compétitivité.

X. Aspects juridiques

Sur le plan réglementaire, le développement durable se traduit par un ensemble de textes juridiques, qui peuvent être établis soit au niveau européen (directives européennes), soit au niveau des États. Quelques exemples de règlements européens sont le règlement REACH sur les substances chimiques, ou la directive sur les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), pour ce qui concerne le pilier environnemental.

Au niveau des États, le droit environnemental et social s'applique sur chacun de ces piliers environnemental et social (en France le code de l'environnement et le code du travail). Le Tribunal International de la Nature (TIN) est une juridiction ayant pour fonction de juger les crimes contre l'avenir de l'humanité au nom du droit des générations futures. Le Tribunal International de la Nature a été créé au siège du Conseil économique, social et environnemental le 7 décembre 2012.

XI. Achats

Le respect de critères environnementaux, sociaux, et économiques dans l'élaboration des produits d'une entreprise dépend non seulement de ses processus internes, mais aussi de la qualité des produits achetés auprès des fournisseurs de l'entreprise, des services inhérents à ces achats, en particulier le transport, ainsi qu'en amont de ceux-ci. La performance en matière de développement durable dépend donc de l'intégration progressive de la chaîne d'approvisionnement dans le référentiel de responsabilité sociétale des entreprises concernées. Il est nécessaire de revoir la stratégie achats (réduction des coûts, élimination des déchets, augmentation de

l'efficacité énergétique, conservation des ressources), en faisant participer les partenaires fournisseurs de l'entreprise.

Gérer le développement durable dans les achats des entreprises, des organismes publics ou encore des collectivités locales peut se faire en tenant compte du coût global d'acquisition qui, outre le prix d'achat, intègre le transport des produits achetés, le dédouanement, les garanties, les coûts de stockage, l'obsolescence et les déchets générés lors de la production et en fin de vie.

L'engagement d'un plan d'action développement durable aux achats répond généralement à des arguments de quatre natures différentes :

- Un argument citoyen, comme moyen d'action en vue de permettre aux générations du présent de répondre à leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures.
- Un argument économique, relatif aux économies d'achat qui proviennent d'une meilleure conception produit;
- Un argument communication, relatif aux risques sur l'image (réputation);
- Un argument légal, consistant en la réponse aux obligations réglementaires (code des marchés publics dans le secteur public en France).

XII. Finance

La mise en œuvre d'une politique de développement durable dans les entreprises dépend largement de l'utilisation des ressources de l'entreprise. Ces ressources peuvent être des actifs physiques (immobilisations au sens classique du terme), mais aussi des actifs immatériels (immobilisations incorporelles) ou tout simplement des ressources humaines, c'est-à-dire des salariés et des partenaires de l'entreprise.

L'atteinte des objectifs de développement durable dépend en grande partie de la façon dont les entreprises vont orienter l'action de l'ensemble de ces ressources (employés, parties prenantes, organisation...). Des réflexions apparaissent sur de nouvelles méthodes d'estimation de la valeur financière des entreprises à travers la notion de capital immatériel.

XIII. Economie circulaire

L'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets. Il s'agit de passer d'une société du tout jetable à un modèle économique plus circulaire.

XIII.1. Principes fondamentaux de l'économie circulaire

Préservation des ressources, de notre environnement, de notre santé, permettre le développement économique et industriel des territoires, réduire les déchets et le gaspillage : l'économie circulaire est un modèle économique qui vise à répondre à ces enjeux. Elle vise à passer d'une société du tout jetable, basé sur une économie linéaire (extraire, fabriquer, consommer, jeter) vers un modèle économique plus circulaire.

. Les nouveaux modèles de production et de consommation liés à l'économie circulaire peuvent être générateurs d'activités et de création d'emplois durables et non délocalisables

En France, la transition vers une économie circulaire est reconnue officiellement comme l'un des objectifs de la transition énergétique et écologique et comme l'un des engagements du développement durable. Elle nécessite de progresser dans plusieurs domaines.

XIII.2.1. L'approvisionnement durable

Prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux des ressources utilisées, en particulier ceux associés à leur extraction et à leur exploitation.

XIII.2.2. L'écoconception

Prendre en compte des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit et les intégrer dès sa conception.

XIII.2.3. L'écologie industrielle et territoriale

Mettre en synergie et mutualiser entre plusieurs acteurs économiques les flux de matières, d'énergie, d'eau, les infrastructures, les biens ou encore les services afin d'optimiser l'utilisation des ressources sur un territoire.

XIII.2.4. L'économie de la fonctionnalité

Privilégier l'usage à la possession, vendre un service plutôt qu'un bien.

XIII.2.5. La consommation responsable

Prendre en compte les impacts environnementaux et sociaux à toutes les étapes du cycle de vie du produit dans les choix d'achat, que l'acheteur soit public ou privé.

XIII.2.6. L'allongement de la durée d'usage

Des produits par le recours à la réparation, à la vente ou à l'achat d'occasion, par le don, dans le cadre du réemploi et de la réutilisation.

XIII.2.7. L'amélioration de la prévention, de la gestion et du recyclage des déchets

Y' compris en réinjectant et réutilisant les matières issues des déchets dans le cycle économique.

2. Pollution atmosphérique;
3. Pluies acides;
4. Déforestation;
5. Dégradation des sols;
6. Pollution du sol;
7. Production de déchets;
8. Absence de recyclage;
9. Utilisation de plastique jetable;
10. Augmentation de l'empreinte écologique;
11. Production non écologique;
12. Obsolescence programmée;
13. Disparition de la biodiversité;
14. Trafic d'espèces illégales;
15. Surpêche;
16. Régime à base de viande;
17. Surproduction alimentaire;
18. Pénurie d'eau;
19. Combustion d'énergies fossiles;
20. Accidents pétroliers.

XV. Pensée cycle de vie

XV.1. Définition

L'analyse de cycle de vie est un concept et un outil, qu'il est difficile de résumer en une seule page tant les publications et la recherche sont importantes sur le sujet. C'est donc une approche engagée qui est prise ici, pour expliquer la démarche de 3&CO et sa philosophie.

Par expérience, lorsque l'on décide de faire des investissements engageants dans une entreprise ou une organisation, il est essentiel de diminuer les risques avant de décider d'investir.

Il existe de nombreux exemples qui se sont avérés de fausses bonnes idées en matière d'impacts environnementaux sur lesquels l'ACV (analyse de cycle de vie) a permis de trancher. La rigueur intellectuelle et scientifique de la démarche, même si elle comporte des lacunes, permet de valider ses choix et de communiquer en toute transparence vis-à-vis des consommateurs.

C'est pourquoi 3&CO considère cet outil et l'état d'esprit qu'il sous-tend, comme essentiels dans une démarche de développement durable. La figure I.2 donne une idée sur le cycle de vie de produits.

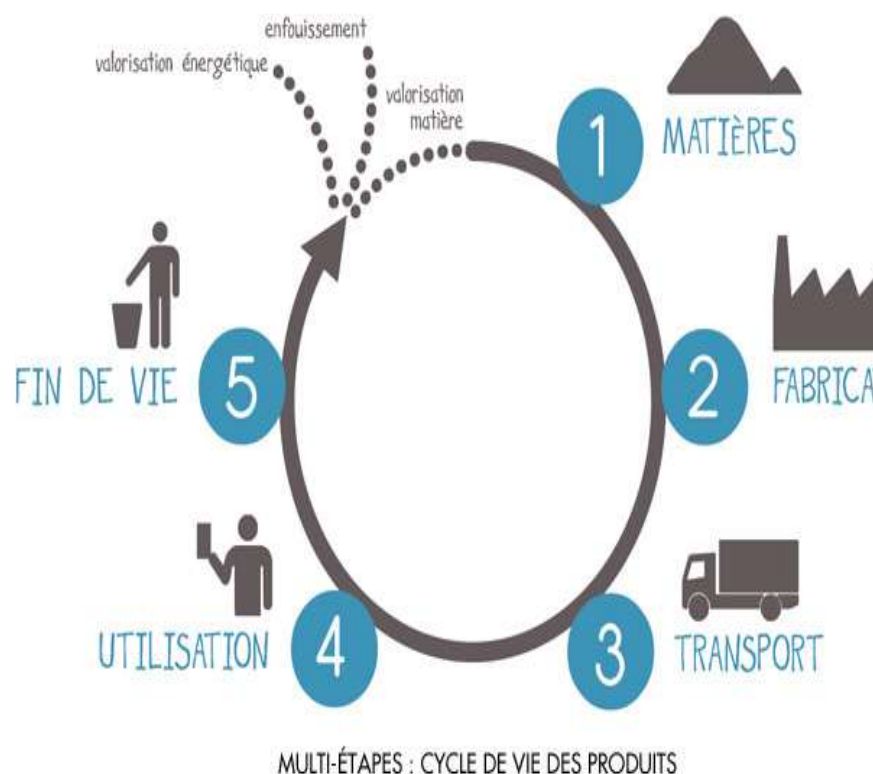


Figure1.2 : Cycle de vie de produits.

L'analyse de cycle de vie a l'avantage de fournir une « cartographie » de l'impact environnemental du produit avec une approche :

1. **Multi étapes** : Elle prend en compte toutes les étapes du cycle de vie (du berceau à la tombe);
2. **Multi critères** : Elle prend en compte un grand nombre d'impacts (consommation : eau, énergie, matière première rejet : air, eau, sol...);
3. **Multi composants**: Elle prend en compte l'ensemble des composants du produit, emballage, transport, sous-produit.

XV.2. Méthode d'analyse de cycle de vie

C'est une méthode qui peut paraître complexe, mais avec un peu de pratique, elle ne représente pas de difficulté majeure. Il existe de nombreux outils sur le marché pour réaliser cette démarche.

La démarche d'ACV peut être utilisée pour différentes attentes :

- Comparer deux types de matériaux de fabrication, par exemple si vous hésitez entre deux solutions : métallique ou plastique.
- Identifier des pistes d'amélioration: par exemple si un impact est très important, on peut le suivre et déterminer s'il vient d'une matière, d'un processus, d'une phase du cycle de vie afin de trouver une solution pour s'en affranchir;
- Comparer son produit avec d'autres solutions concurrentes;
- Communiquer en toute transparence et de manière rigoureuse sur ses performances environnementales. En fonction des objectifs poursuivis et de la complexité des produits, une ACV est plus ou moins longue et complexe. Un test de matière peut demander 10 minutes tandis que la modélisation d'une locomotive plusieurs mois.

XVI. Conclusion

Le développement durable, soutenu par l'économie circulaire, est une nécessité stratégique pour lier croissance économique, préservation des ressources et équité sociale. En passant d'un modèle linéaire à une approche circulaire (réduire, réutiliser, recycler), ce modèle crée de la valeur, réduit les émissions de gaz à effet de serre et génère des emplois locaux. C'est un impératif d'action.

L'économie circulaire est la solution opérationnelle pour lutter contre la raréfaction des ressources et le changement climatique. Elle est essentielle pour atteindre les Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations Unies, particulièrement le n°12 sur la consommation responsable. La transition réussie

nécessite l'engagement de tous (entreprises, gouvernements, citoyens) pour passer d'une logique de gaspillage à une économie de la fonctionnalité et de la sobriété. En conclusion, l'économie circulaire n'est plus une option mais un avantage compétitif indispensable pour un avenir résilient.

En adoptant la circularité dans tous les secteurs, nous pouvons ensemble construire un avenir qui s'épanouit dans les limites de nos ressources et de notre environnement, garantissant ainsi une meilleure planète pour les générations à venir.

CHAPITRE 2

Analyse environnementale de cycle de vie

Chapitre 2: Analyse environnementale de cycle de vie

I. Introduction

L'analyse environnementale ISO 14001 est structurée en trois parties. La première partie, description de l'activité de l'entreprise, comprend les objectifs de l'organisation, les activités en cours et la manière dont elles réagissent aux risques ou opportunités qui pourraient affecter leur entreprise. La deuxième partie, politique environnementale, comprend la politique de l'organisation en matière de protection de l'environnement et la manière dont elle entend la mettre en œuvre dans les opérations quotidiennes. La troisième partie, Objectifs/Mesures environnementales, comprend les objectifs de protection de l'environnement qui sont fixés par l'organisation et ce qui doit être fait pour atteindre ces objectifs. Une entreprise peut mettre en œuvre ISO 14001 pour s'assurer qu'elle ne nuit pas à l'environnement. Cela les aide à réussir leurs audits et à maintenir une image publique positive.

Comment procéder à une analyse environnementale ISO 14001?

Avant tout, la réalisation d'une étude environnementale nécessite du temps et une planification minutieuse. Par conséquent, il est essentiel de recueillir les données appropriées afin d'obtenir une analyse environnementale complète sur laquelle vous pourrez bâtir votre plan d'action.

Plusieurs paramètres sont examinés dans l'analyse environnementale :

- L'air
- Le bruit
- Les déchets solides, liquides (fluides) ou gazeux
- L'eau
- L'énergie
- Le paysage

II. Définitions

II.1. Analyse environnementale

L'analyse environnementale constitue l'état des lieux environnemental initial du site. Elle permet de dresser la liste de l'ensemble des impacts environnementaux de l'organisme (c'est-à-dire ses effets sur l'environnement), de dégager les aspects les

plus significatifs (sur lesquels elle doit agir en priorité) grâce à des échelles de cotation prédéfinies et de déterminer des axes d'amélioration et un programme d'actions. Le résultat de l'analyse se matérialise par un document synthétique qui regroupe les données d'un site et qui permet de :

- recenser les activités, produits et services pouvant être source de nuisances ou d'opportunités environnementales en situation normale de fonctionnement, en situation anormale de fonctionnement, en situation accidentelle ;
- identifier les flux entrants/sortants de chaque procédé et activité (matières premières, émissions atmosphériques, rejets aqueux, émissions sonores, etc.) ;
- situer l'organisme dans son environnement : localisation géographique, géologie, faune, flore, climatologie, historique des accidents, etc.;
- lister les aspects et impacts environnementaux associés ;
- vérifier la conformité réglementaire des aspects environnementaux ;
- hiérarchiser, en fonction, par exemple, de leur niveau d'importance, de maîtrise et de la sensibilité à l'environnement les impacts générés afin d'identifier les aspects environnementaux significatifs (AES) dans le but de dresser un plan d'actions.

II.2. Aspect environnemental

C'est un élément des activités, produits ou services d'un organisme interagissant ou susceptible d'interactions avec l'environnement. Un aspect environnemental peut causer un ou plusieurs impacts environnementaux. On donne des exemples :

Production de déchets, émission de poussières, rejets d'eaux usées, fuite d'hydrocarbures, consommation d'eau, consommation d'électricité, réduction des émissions de gaz à effet de serre, utilisation de produits chimiques, etc.

Un aspect environnemental est dit significatif (AES) lorsqu'il a ou peut avoir un impact environnemental significatif, c'est-à-dire un impact environnemental entraînant une atteinte à l'environnement dont la cotation, selon les critères choisis, fournit un résultat supérieur au seuil limite fixé.

L'impact de la caractéristique sur l'environnement peut être direct (pollution libérée dans l'atmosphère par la combustion de carburant) ou indirect (la consommation d'électricité implique la manière dont elle a été produite et dont elle est transportée).

Afin de mettre en œuvre des mesures correctives, le niveau de contrôle, la fréquence et la gravité des AE doivent être examinés afin d'identifier et de hiérarchiser les impacts primaires.

II.3. Impact environnemental

C'est une modification de l'environnement, négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des aspects environnementaux de l'organisme. On donne des exemples :

Pollution de l'air, nuisances sonores, pollution de l'eau, impact visuel, production de déchets dangereux, préservation des ressources énergétiques, etc.

Les impacts environnementaux bénéfiques peuvent permettre à l'organisme d'améliorer les conditions environnementales (amélioration de la qualité de l'eau, réduction de la quantité de déchets produits, etc.).

L'impact environnemental peut se produire à l'échelle locale, régionale ou mondiale et peut également être direct, indirect ou cumulatif par nature. La relation entre aspects environnementaux et impacts environnementaux est une relation de cause à effet.

III. Intérêt

La norme ISO 14001 n'exige pas que l'organisme réalise une analyse environnementale, mais seulement qu'elle détermine les aspects environnementaux qu'elle a les moyens de maîtriser et ceux sur lesquels elle a les moyens d'avoir une influence ainsi que les impacts environnementaux associés.

Toutefois, cette étape est indispensable car elle permet de dresser un état des lieux de sa situation environnementale et de mettre en place un plan d'actions adapté. Elle demande de bien connaître le site, ses activités mais aussi son environnement et la réglementation applicable.

Les résultats de cette analyse environnementale constituent des données d'entrée pour de nombreuses exigences de la norme ISO 14001. Cette analyse va ainsi permettre de mener une réflexion sur les engagements de la politique environnementale et de proposer des objectifs environnementaux.

Au-delà de la norme, pour toute structure, l'analyse environnementale permet à un organisme :

- De mettre en place des actions pertinentes pour diminuer ses impacts environnementaux négatifs ;
- D'optimiser ses coûts (permet des économies d'énergie, d'eau, d'éviter les coûts liés aux pollutions ou les amendes, etc.);
- De rationaliser ses pratiques (rationalisation des intrants et sortants par exemple) ;
- D'avoir les données requises pour certains indicateurs environnementaux de la BDESE (base de données économiques, sociales et environnementales).

IV. Acteurs

Le responsable HSE ne doit pas réaliser l'analyse environnementale seul (comme pour le document unique, qui est le pendant en santé sécurité au travail de l'analyse environnementale). Une équipe pluridisciplinaire doit être constituée, avec des personnes ayant une connaissance approfondie et technique du site, afin de ne pas omettre d'informations utiles à collecter.

L'équipe dédiée peut, par exemple, être composée des acteurs suivants :

- le responsable HSE;
- le responsable production;
- le responsable maintenance / services techniques / services généraux ;
- les pilotes de processus (si l'organisme suit déjà un système de management tel que l'ISO 9 001 pour la qualité par exemple);
- une personne de l'équipe en charge de la gestion des déchets;
- un représentant du service des achats;
- Des personnes extérieures si nécessaires (sous-traitants, bureaux d'études, autres parties intéressées).

La recherche des données peut prendre un temps conséquent allant jusqu'à plusieurs mois suivant la taille de l'organisme ou la complexité de ses activités. Il est envisageable de s'appuyer sur un tiers tels qu'un stagiaire, un alternant ou un consultant extérieur. Attention, dans le cas d'une aide extérieur, il faudra bien veiller à ce qu'une personne en interne (ex. : le responsable HSE) soit formée à la méthode et récupère tous les documents, de façon à avoir une personne compétente en interne pour la mise à jour de cette analyse.

La figure 2.1 donne un organigramme des acteurs de l'analyse de cycle de vie

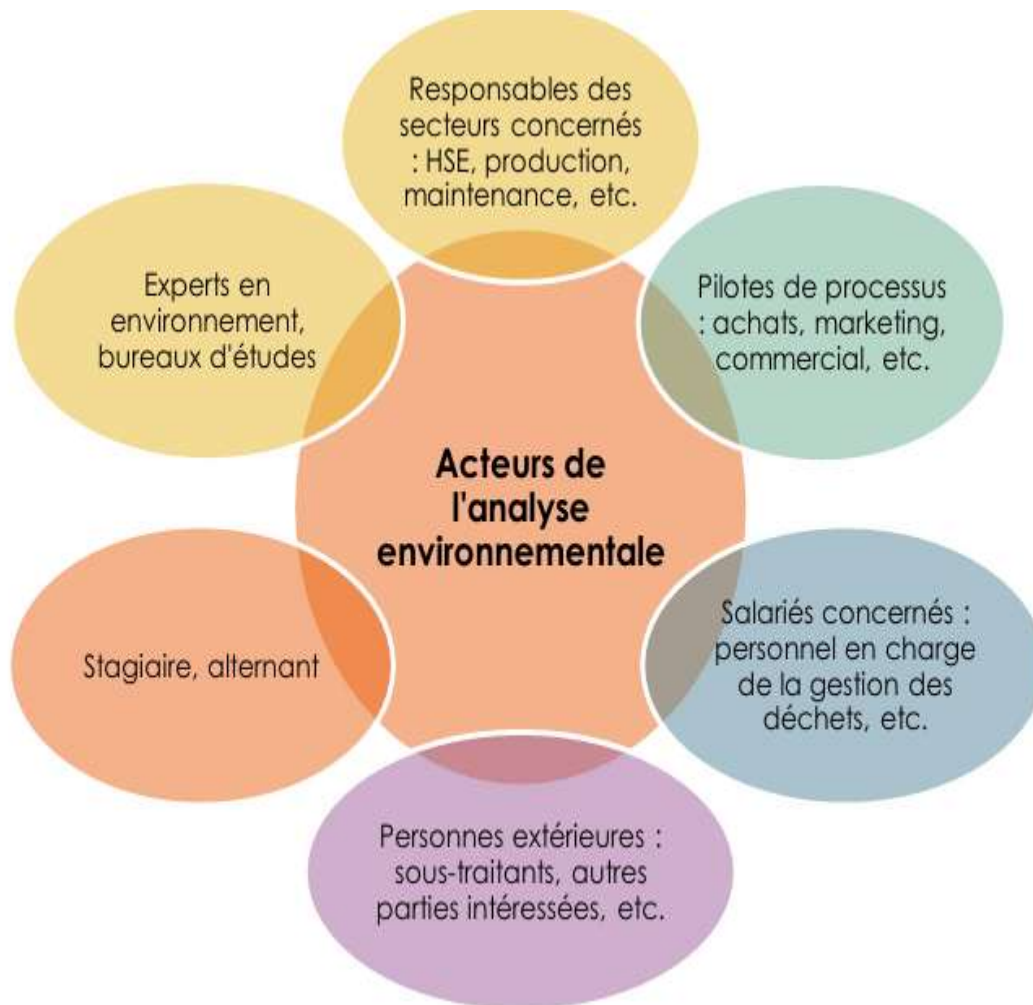


Figure 2.1: Organigramme des acteurs de l'analyse de cycle de vie

V. Méthode

Il n'existe pas de méthode unique pour déterminer les aspects et impacts environnementaux et pour évaluer leur importance. Chaque organisme doit choisir une approche adaptée à la nature et à l'importance de ses impacts et qui répond à ses besoins propres en termes de complexité, de temps, de coût et de disponibilité des données. Une méthode globale d'analyse environnementale peut être divisée en 4 étapes présentées sur la figure 2.2.



Figure 2.2: Etapes à suivre pour faire une analyse environnementale

V.1. Identification des activités de l'organisme et son milieu

V.1.1. Identification des pratiques de l'organisme pouvant avoir un impact sur l'environnement

Les activités, produits et services identifiés sont ceux qui ont des impacts sur l'environnement et qui entrent dans le périmètre du système de management environnemental qui a été préalablement défini. Si certaines activités réalisées sur le site ne sont pas comprises dans le champ du système de management, il faut préciser lesquelles et pourquoi. Sont concernés :

- les aspects environnementaux des activités exercées sur le site de l'organisme, ses produits et services qu'elle a les moyens de maîtriser directement;
- les aspects environnementaux sur lesquels elle peut avoir une influence.

Les aspects environnementaux sur lesquels l'organisme peut avoir une influence sont ceux relatifs aux produits et services utilisés par l'organisme et ceux que l'organisme fournit, y compris ceux associés à un ou à plusieurs processus externalisés.

Il est souhaitable, voire fortement recommandé de se renseigner sur les activités des fournisseurs et des sous-traitants (notamment pour le secteur industriel). Pour obtenir les informations nécessaires, il faut leur expliquer la démarche environnementale de l'organisme et en quoi ils sont concernés.

Perspective cycle de vie : prise en compte de l'achat des produits, des activités réalisées par les fournisseurs et sous-traitants, de la conception des produits et services, des matériaux utilisés, du transport, du recyclage.

V.1.2. Découpage de l'organisme par activité

Pour effectuer le découpage de l'organisme par activité, il est nécessaire de lister les différentes activités d'un site, voire même les sous-activités, procédés de fabrication des produits, services supports, etc. Tous les services de l'organisme doivent être passés en revue : achat, production, transport, logistique, maintenance, administratif, restauration, etc. Il est possible de s'appuyer sur la cartographie des processus de l'organisme ou sur un schéma de fonctionnement.

Le schéma de fonctionnement représente toutes les infrastructures de l'organisme (ateliers, parkings, espaces verts, restaurant d'entreprise, etc.), les procédés de fabrication, les activités annexes (transport, traitement des eaux usées, maintenance, logistique, etc.). Pour une meilleure visibilité, on peut identifier les activités sur un plan de masse.

Perspective cycle de vie : recenser les différentes phases du processus en schématisant les différentes étapes du cycle de vie du produit (de l'extraction des matières premières à la fin de vie du produit).

La figure 2.3 donne un exemple de cartographie des processus.

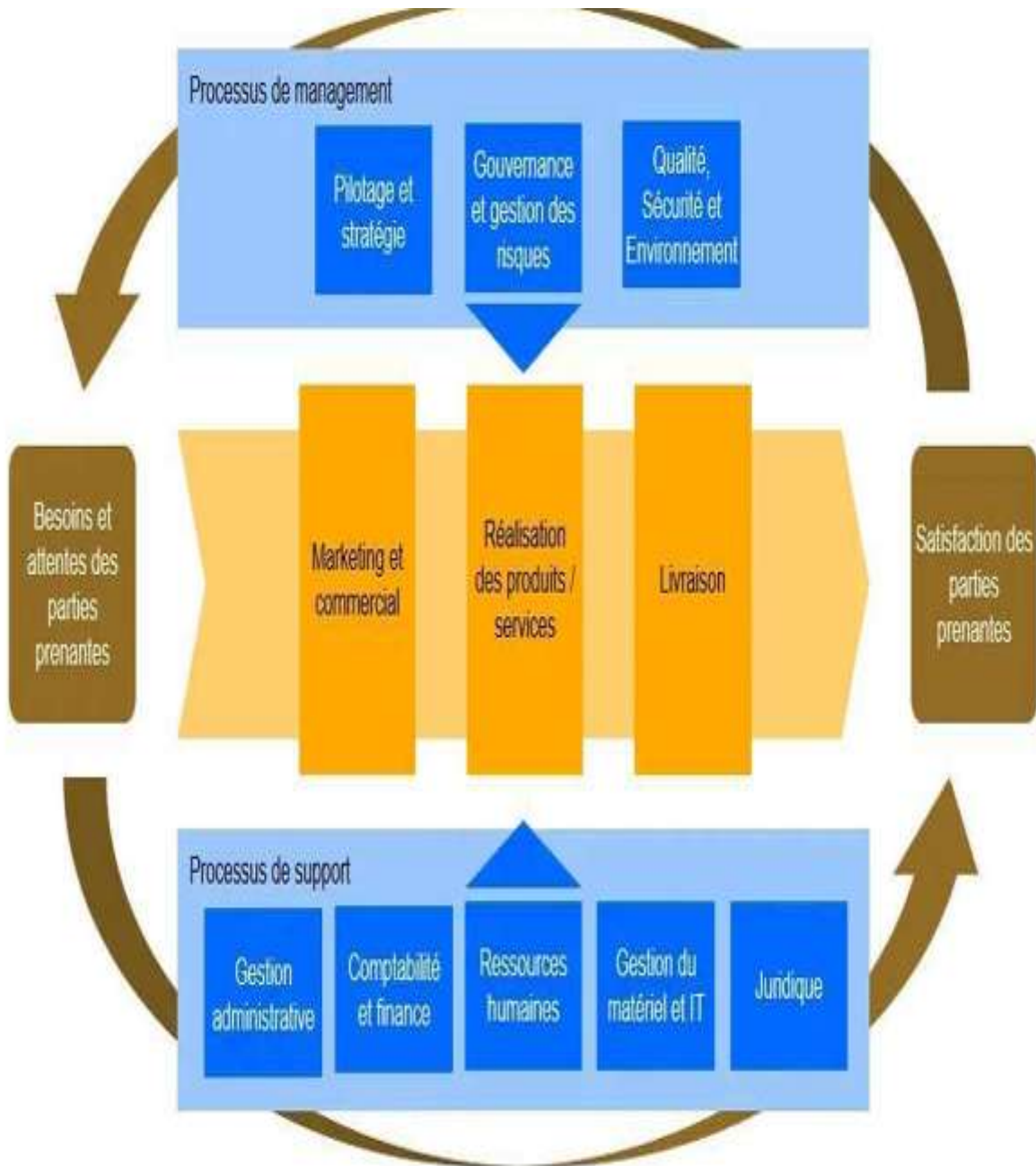


Figure 2.3 : Exemple de cartographie des processus

V.1.3. Etude de chaque étape des activités produits et services

Chaque étape des activités et services sont à étudier. Cela comprend :

- Les étapes amont : stockage des matières premières et produits intermédiaires, transfert des matériaux, chaufferie, production d'air comprimé ou de froid, poste électrique, plan des circuits d'eau ;
- Les procédés de fabrication ;
- Les étapes aval : stockage des produits finis et coproduits, activités exercées dans les stations de traitement des eaux, stockage des déchets ;
- Les infrastructures : voiries, espaces verts, aires de stockages, flux.
Doivent être recherchées et prises en compte;
- Les conditions de fonctionnement normales et anormales, y compris la mise en marche, l'arrêt et l'entretien;
- Les situations d'urgences survenues ou potentielles (incendie, inondation, pollution, déversement, etc.).

Le mode normal correspond à un fonctionnement sans perturbation ou dysfonctionnement. Le mode de fonctionnement anormal ou dégradé correspond à un fonctionnement des installations de manière partielle ou ralentie à la suite d'un dysfonctionnement.

Les changements dans les activités, produits et services, y compris les évolutions nouvelles ou planifiées, et les activités, produits et services nouveaux ou modifiés doivent aussi être retenus. Pour cela, un volet environnemental peut, par exemple, être inséré dans les cahiers des charges lors de nouveaux projets.

V.1.4. Réalisation d'un bilan Entrées /Sorties pour chaque activité ou étape du cycle de vie

Pour chaque flux entrant et sortant, il s'agira de recenser les impacts générés sur l'environnement et vérifier la conformité à la réglementation (seuils, prescriptions techniques, etc.).

Le bilan entrées/sorties est un document qui précise :

- les flux entrants : matière, énergie, eau, etc.;
- les flux sortants : produits, émissions, rejets, déchets, etc. ;

- le mode de fonctionnement : normal, accidentel, maintenance, démarrage, travail de nuit, mode dégradé, etc.;
- les moyens de maîtrise des impacts ;
- la quantité, la qualité et la variabilité des flux ;
- la méthode et la fréquence de mesure des flux.

Les bilans sont remplis par chaque pilote de processus.

V.1.5. Caractéristiques et vulnérabilité de l'environnement du site

L'objectif est de situer l'organisme dans son milieu avoisinant pour identifier les points sensibles et rechercher son historique. En matière d'historique, il est important de connaître les étapes de construction des installations, l'utilisation du site avant sa construction initiale, les impacts induits par les activités précédentes sur le sol, l'eau, la ressource, etc., et les accidents survenus sur le site et à proximité et leurs impacts environnementaux.

D'autres données peuvent également être collectées sur la climatologie, la géologie et l'hydrogéologie, l'hydrologie, l'air, l'écosystème, le bruit, les activités environnantes et paysages, les réseaux publics, etc.

Le site Géorisques permet un accès géographique en matière de risques naturels et technologiques (<http://www.georisques.gouv.fr/>).

Remarque : cette étape va permettre de déterminer la sensibilité du milieu. Pour chaque thème et milieu (sol, air, eau), on identifie les points sensibles existants (humains, faune, flore). Si une étude d'impact existe déjà, elle peut être utilisée.

V.2. Détermination du caractère significatif des aspects et impacts environnementaux

V.2.1. Identification de tous les aspects environnementaux et de leurs impacts

Pour identifier tous les aspects environnementaux et leurs impacts, l'organisme doit tenir compte de ses obligations de conformité (la réglementation ou ses autorisations administratives peuvent avoir déjà identifié des aspects environnementaux), des préoccupations environnementales des parties intéressées, de sa politique environnementale, etc. Les informations nécessaires sont collectées lors d'entretiens, de visites sur le terrain, d'informations extérieures, de réunions, etc. Un questionnaire peut être préalablement établi. La personne chargée de l'analyse environnementale peut s'appuyer sur la documentation disponible : rapports annuels, rapports d'audits, dossier d'autorisation d'exploiter, arrêté préfectoral, schéma de fonctionnement de l'organisme, diagnostic déchets, résultats d'analyses (eau, air, etc.), données d'achat, informations provenant du système de management de la santé et

sécurité au travail ou de la qualité, factures d'eau, factures d'électricité, bordereaux de suivi des déchets, autorisation de déversement, convention spéciale de déversement, arrêté d'autorisation ou de déclaration ICPE (installation classée pour la protection de l'environnement), étude d'impact, étude de dangers, etc.

Il convient de vérifier la situation administrative au titre des ICPE ou des IOTA (installations, ouvrages, travaux et activités ayant une incidence sur l'eau et les milieux aquatiques) de chaque activité puis d'évaluer la conformité réglementaire de chaque aspect environnemental (vis-à-vis des prescriptions des arrêtés d'autorisation, des prescriptions générales, de la réglementation nationale, d'un contrat, etc.). Tableau 2.1 présente des exemples d'aspects environnementaux reliés à leurs impacts.

Tableau 2.1: Exemples d'aspects environnementaux reliés à leurs impacts

<i>Aspect environnemental</i>	<i>Impact environnemental</i>
<i>Emissions dans l'air</i>	<i>Pollution atmosphérique</i>
<i>Emissions de COV</i>	<i>Diminution de la qualité de l'air</i>
<i>Rejets dans l'eau</i>	<i>Pollution de l'eau</i>
<i>Rejets dans le sol</i>	<i>Pollution des sols</i>
<i>Utilisation de matières premières et ressources naturelles</i>	<i>Diminution des ressources naturelles</i>
<i>Energie renouvelable produite</i>	<i>Préservation des ressources énergétiques</i>
<i>Consommation d'énergie</i>	<i>Diminution des ressources naturelles</i>
<i>Production de déchets</i>	<i>Augmentation des déchets mis en décharge</i>
	<i>Nuisances liées à l'élimination des déchets</i>
<i>Nuisances visuelles</i>	<i>Gêne du voisinage</i>

V.2. 2. Identification des aspects environnementaux significatifs (AES)

Un organisme a de nombreux aspects environnementaux et impacts associés (positifs ou négatifs). Il doit établir des critères et une méthode de cotation pour déterminer ceux qu'il va considérer comme étant prioritaires et sur lesquels il va agir en premier lieu pour protéger l'environnement.

Les critères et la méthode sont définis par un groupe de travail qui peut être composé

- Du responsable de site;
- Du responsable d'exploitation;
- Du responsable HSE;
- Du responsable de la maintenance ou des services techniques, etc.

La détermination des aspects environnementaux significatifs (AES) permet de déterminer les besoins de maîtrise ou d'amélioration, d'établir les priorités des plans

d'actions. Ce qui est significatif pour un organisme ne l'est pas forcément pour un autre.

L'organisme doit pouvoir agir techniquement et économiquement sur ces impacts. Il est conseillé de ne pas retenir trop d'AES, car chacun devra être maîtrisé quand les conditions techniques et économiques le permettent.

Il doit y avoir une cohérence entre les AES identifiés et la politique et les objectifs annoncés par l'organisme. Afin de respecter le principe d'amélioration continue, les impacts significatifs doivent diminuer chaque année. Il est primordial d'étudier les indicateurs à mettre en place.

V.2. 3. Choix des critères de cotation par l'organisme

L'importance de chaque impact est évaluée grâce à l'utilisation de critères. La norme n'impose aucune méthode, c'est à l'organisme de définir ses propres critères. La clé consiste à adapter les critères à la nature de l'aspect et de son impact. Il ne s'agit pas d'utiliser les mêmes critères avec une même cotation (exemple : fréquence, gravité, maîtrise) pour comparer des domaines qui ne sont pas comparables (production de déchets, consommation d'eau, émission de poussières, pollution, etc.).

Les critères les plus souvent retenus sont :

- La fréquence ou la probabilité d'occurrence ;
- La gravité (en quantité ou en toxicité);
- La sensibilité du milieu ;
- Le respect de la conformité réglementaire et contractuelle;
- Le niveau de maîtrise de l'aspect ou de l'impact.

Un aspect environnemental peut ne pas apparaître significatif en prenant en considération les seuls critères environnementaux. Il peut devenir significatif lorsque d'autres critères sont pris en considération.

Remarque : les situations d'urgences (accidents, incendie, explosion, déversements de produits, etc.) sont évaluées avec un critère de gravité potentielle, un critère de probabilité d'occurrence et un critère de sensibilité du milieu.

V.2. 4. Evaluation du niveau de maîtrise

Il s'agit de l'identification des moyens de maîtrise de chaque aspect environnemental en fonctionnement normal ou anormal. Cela consiste à bien mettre en évidence les actions de prévention, d'une part, et les actions de contrôle, d'autre part, de façon à apprécier le niveau de maîtrise.

La cotation s'effectue suivant l'existence ou l'absence des moyens de maîtrise. Le tableau 2.2 donne des exemples de moyens de maîtrise.

Tableau 2.2 : Exemples de moyens de maîtrise

Technique	Mise en place d'alarmes, de rétentions, de matériels de secours, maintenance, surveillance, analyses de laboratoire, autocontrôles, etc.
Organisation	Procédures, modes opératoires, notices techniques, suivi d'indicateurs, contrôle préventif, etc.
Compétences	Personnel formé aux moyens d'intervention, sensibilisation, astreinte, etc.
Comportement	Respect des consignes, etc.

Pour le mode anormal, le niveau de maîtrise s'entend des mesures de prévention, des mesures compensatoires ou des conduites à tenir en cas d'accident ou d'incident majeur. Pour un accident environnemental, on peut préciser le délai prévisionnel d'impact sur l'environnement et le délai prévisionnel d'intervention pour un retour à un fonctionnement normal, compte tenu des moyens disponibles ou mobilisables.

V.2. 5. Méthode de hiérarchisation

La méthode choisie doit être objective et reproductible. Une personne n'ayant pas réalisé la cotation initiale doit pouvoir retrouver la justification de la valeur attribuée à chaque critère et coter les nouveaux impacts environnementaux de la même manière.

Cette méthode de hiérarchisation s'applique aux situations normales et anormales de fonctionnement et aux situations d'accident. Une valeur seuil à partir de laquelle l'aspect environnemental est jugé significatif est ensuite déterminée. Les aspects environnementaux faisant l'objet d'une non-conformité réglementaire sont d'office significatifs. Tous les AES font ensuite l'objet d'un plan d'actions.

V.3. Identifier et évaluer les aspects et impacts environnementaux dans une perspective de cycle de vie

V.3.1. Elargissement de la réflexion au-delà de ses propres sites ou activités lors de l'identification des aspects environnementaux

La réflexion est élargie au-delà de ses propres sites ou activités lors de l'identification des aspects environnementaux. Il est essentiel de prendre en compte :

- L'acquisition des matières premières;
- La conception;
- Le transport, la livraison;
- L'utilisation;
- Le traitement en fin de vie;
- L'élimination finale.

Il faut élargir la réflexion aux aspects environnementaux que l'organisme peut maîtriser ou influencer : achats responsables, consommation énergétique des produits pendant leur utilisation, amélioration des performances environnementales pendant la phase d'utilisation, bilan carbone des matériaux utilisés, recyclage des produits et de leurs emballages, modes d'emploi, conseils, instructions pour la réduction de l'empreinte environnementale, etc.

L'organisme peut maîtriser certains éléments du cycle de vie (choix de matériaux renouvelables, emballages réutilisables, mode de transport bas carbone, etc.) au travers du processus de conception et de développement. Il peut aussi informer les parties intéressées pertinentes (fournisseurs, clients, riverains, consommateurs, autres entités du groupe, etc.) sur les impacts significatifs potentiels les concernant qu'il a identifiés et ainsi les maîtriser ou les influencer.

V.3.2. Choix d'une unité de référence

L'unité de référence (UR) qualifie le service rendu et peut être basée sur un conditionnement

ou une échelle standard déjà utilisée. C'est la fonction principale de l'entreprise ou de l'organisation qu'on souhaite étudier, ce qu'elle fait ou produit.

Elle comprend :

- Un verbe d'action pour préciser la fonction ;
- Un nom pour préciser sur quoi agit la fonction ;
- Une temporalité ou une quantité de référence.

V.3.3. Etablissement de l'inventaire du cycle de vie

Cette étape consiste à détailler les procédés impliqués et les flux entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie nécessaire à la production de l'unité de référence. Pour cela, deux possibilités existent :

- la réalisation d'une Analyse du cycle de vie (ACV) : elle recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités (normes ISO 14 040 : 2006 Analyse du cycle de vie - Principes et cadre et ISO 14 044 : 2006 Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices);
- ou la mise en place d'une réflexion sur les phases du cycle de vie qui peuvent être maîtrisées ou influencées : travail sur l'amont et l'aval, négociation avec les sous traitants et fournisseurs, cahier des charges, etc.

Sans aller jusqu'à l'ACV, l'organisme peut travailler sur l'amont et l'aval. Il peut négocier avec ses sous-traitants et fournisseurs et prévoir dans un cahier des charges la fourniture du coût du cycle de vie (CCV) d'un équipement et des engagements sur des critères de performance comme le recyclage du produit. Il peut collecter des données et réaliser une étude sur les étapes amont et aval d'un produit ou d'une activité en recherchant des informations (consultation de base de données sur l'inventaire du cycle de vie, de sites internet, données propres à l'organisme, etc.). L'organisme peut, par exemple, cibler une ou deux thématiques dans sa politique environnementale (maîtrise de la consommation d'énergie,

réduction des émissions de gaz à effet de serre lors du transport, utilisation de produits moins dangereux pour l'environnement, etc.), et il doit pouvoir justifier ses choix.

V.4. Définir les risques et opportunités liés aux aspects et impacts environnementaux

V.4.1. Application de l'approche « Risques et opportunités » pour les AES

Dans une perspective cycle de vie, les risques et opportunités vont permettre de faire le lien entre l'analyse environnementale classique (qui est un zoom sur les étapes les mieux maîtrisées) et l'évaluation environnementale dans une perspective de cycle de vie (qui est un panorama plus large des impacts environnementaux).

VI. Évaluer le cycle de vie du produit de manière élémentaire

La méthode d'évaluation du cycle de vie (ECV) permet d'intégrer les facteurs environnementaux relatifs aux différentes étapes du cycle de vie d'un produit ou d'un service. Le cycle de vie d'un produit ou d'un service est divisé en plusieurs phases clés, chacune d'entre elles étant divisée en sous-étapes : naissance, vie et fin de vie. Cela nous permet d'anticiper en éco-concevant des articles plus respectueux de l'environnement, renforçant ainsi notre système de gestion environnementale.

Évaluez les préoccupations environnementales de votre organisation : Pour créer un SME (Le système de management environnemental), vous devez d'abord identifier les principales préoccupations agro-environnementales qui affectent ou sont susceptibles d'affecter votre entreprise. Vous pouvez y parvenir en effectuant une analyse PESTEL (L'analyse PESTEL est un cadre d'analyse en stratégie d'entreprise. L'acronyme, qui signifie politique, économique, sociologique, technologique, environnemental et légal). Elle vous aide à dresser une liste des problèmes externes importants qui peuvent avoir un impact sur l'entreprise.

VII. Exemple sur le calcul des impacts environnementaux de deux matériaux de construction

VII.1. Les catégories d'impacts étudiées

Ameur (voir références bibliographiques), a utilisé la méthode CML (initie par Institut des sciences environnementales au Pays-Bas) pour la caractérisation des impacts environnementaux. Les catégories de dommage étudiées par cette méthode sont :

- **Consommation énergie non renouvelable** : Selon la définition de cette énergie primaire par les organismes internationaux, cet indicateur exprime la quantité totale d'énergie fossile consommée sur tout le cycle de vie du produit. Le calcul de cet indicateur prend donc en compte les énergies des ressources non renouvelables.
- **Consommation de ressources rares** : Cet indicateur exprime la quantité de matières « rares » consommée sur tout le cycle de vie du produit. Un facteur de disponibilité des ressources a été calculé pour chaque extraction de ressources

minérales ou énergétiques fossiles sur la base des réserves disponibles et de leur taux d'exploitation.

- **Effet de serre** : Il exprime le potentiel d'effet de serre additionnel qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. Ce modèle caractérise les émissions dans l'air susceptibles de participer directement au potentiel de réchauffement climatique global (Global Warming Potential) à l'horizon 100 ans (GWP 100 ans). L'effet de serre additionnel est impliqué dans les problématiques de changement climatique d'origine anthropique qui commence à affecter la planète. On peut citer l'élévation du niveau moyen des océans, la hausse des températures moyennes.
- **Acidification** : Cet indicateur exprime le potentiel d'acidification qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'acidification recouvre le problème des « pluies acides » qui modifient la baisse de productivité des écosystèmes naturels ou artificiels. Les infrastructures humaines sont aussi affaiblies.
- **Eutrophisation** : Cet indicateur exprime le potentiel d'enrichissement des eaux en nitrate qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'excès de nitrate provoque une diminution de la diversité biologique des zones humides avec une baisse de la qualité de l'eau et un envasement des lacs.
- **Pollution photochimique** : Elle caractérise le potentiel de différentes substances émises dans l'air constitué de l'ozone troposphérique. La production d'ozone troposphérique (au niveau du sol) engendre des problèmes sur la santé humaine notamment des difficultés respiratoires.
- **Écotoxicité aquatique** : Elle exprime le potentiel d'écotoxicité dans l'eau douce que génère le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'horizon de temps choisi est de 100 ans pour ne pas considérer les migrations des métaux lourds à travers les couches techniques des centres de stockage.
- **Toxicité humaine** : Elle exprime le potentiel de toxicité humaine que génère le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'exposition et les effets de substances toxiques sur l'homme pour un horizon de temps de 100 ans.

VII.2. Scénario de cycle de vie

Le scénario proposé par **Ameur**, dans cette étude, est la fabrication des blocs de béton de plâtre renforcé par les fibres végétales du palmier dattier BPFV. L'usine de production, virtuelle, se situe dans la zone industrielle de la ville de Laghouat. Durant cette étude, la phase montage de l'usine, l'énergie nécessaire pour la mise marche des annexes de l'usine, l'éclairage intérieur et extérieur, le transport des

travailleurs et le conditionnement des fibres ne sont pas pris en charge durant le cycle de vie. Pour les blocs de béton ordinaire, le même scénario sera adopté.

L'approvisionnement du flux de référence (matières premières) est simulé comme suit :

- **Le plâtre et la chaux :** Ramené des usines de la région de Ghardaïa ou il existe trois exploitations minière de gypse. L'approvisionnement se fait en frac par voie routière par des camions d'une capacité égale ou plus de 32 Tonnes.
- **Ciment :** L'approvisionnement du ciment se fait à partir de la cimenterie de Djelfa, la distance moyenne est estimée à 150 km de l'usine de fabrication. L'approvisionnement se fait en frac par voie routière par des camions d'une capacité égale ou plus de 32 Tonnes.
- **Gravier et sable :** Dans un rayon de 50 à 100 km de la ville de Laghouat, les sources de gravier de concassage et de sable sont disponibles. La production (dans les deux scénarios) est alimentée à partir de ces carrières avec un transport routier de capacité supérieure ou égale à 32 Tonnes.
- **Fibres de palmier dattier :** Pour la phase d'industrialisation à grande envergure, le gisement des fibres du palmier dattier dans la région de Laghouat ne suffit pas pour assurer la totalité de la production. On a proposé un rayon maximal d'approvisionnement des fibres à partir de la région de Ghardaïa. Donc la distance est de 200 Km par route avec des camions d'une capacité supérieure ou égale à 32 Tonnes.
- **L'eau de gâchage :** L'eau utilisée est l'eau de robinet distribué par la société Algérienne des eaux

VII.3. La Méthodologie d'ACV

VII.3.1. Objectifs et champs d'étude

L'objectif de cette analyse est de comparer le cycle de vie et de quantifier les impacts environnementaux des blocs en bétons de plâtre renforcé avec des fibres végétales du palmier avec le béton ordinaire (parpaing plein).

VII.3.2. Réalisation de l'inventaire

On présente dans cette partie les données d'inventaire de la matière première et d'énergie par phase de vie. On note que toutes les valeurs sont retenues de la base de données ecoinvent 2.0 (mise à jour de l'année 2011) sauf les besoins énergétiques du sous-ensemble malaxage et démolition qui sont tirés de la littérature.

a) Inventaire phase production :

L'intérêt de ce travail est la quantification, l'évaluation et comparaison des impacts environnementaux de la production des blocs de béton de plâtre renforcé par les fibres végétales du palmier dattier ainsi que les blocs du parpaing plein. Les valeurs récapitulées dans le tableau ci-dessous représentent le flux de la matière et d'énergie nécessaire pour produire un mur de 1 m² de surface dont la partie massive est en bloc de BPFV. Le tableau 2.3 présente l'inventaire des flux de matières et énergie phase production BPFV [Ameur]

Tableau 2.3: Inventaire des flux de matières et énergie phase production BPFV (Ameur).

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
malaxage	Énergie : Électricité	1.06	kWh	48MJ/1m ³
Fabrication	Plâtre	64,63	kg	Ghardaïa
Extraction	Gravier broyé (3-8)	96	kg	Laghouat
Fabrication	Sable	32	kg	Laghouat
Fabrication	Chaux hydraulique	9	kg	Ghardaïa
Fabrication	Eau potable au robinet	30	kg	Algérienne des eaux
transport chaud	Camion 32 T	1,8	t.km	Distance : 200km Masse transportée : 9kg
transport gravier	Camion 32 T	4,8	t.km	Distance : 50km Masse transportée : 96kg
transport plâtre	Camion 32T	12,926	t.km	Distance : 200km Masse transportée : 64,63kg
transport Sable	Camion 32 T	1,6	t.km	Distance : 50km Masse transportée : 32kg
transport des fibres du palmier dattier	Camion32 T	0,8	t.km	Distance : 200km Masse transportée : 4kg

Une première constatation sur le flux élémentaire est celle du pourcentage des liants (le plâtre et la chaux) qui représente 36% des matières sèches qui aura sans doute un effet négatif sur l'empreinte environnementale du produit fini. Le tableau suivant englobe le flux de matière et d'énergie nécessaire pour produire des blocs de parpaing 1de ciment (plein) dont l'épaisseur est de 23 cm et auront comme surface 1m².

Tableau 2.4: Inventaire des flux de matières et énergie phase production parpaing

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
malaxage béton	Énergie	2.01	kWh	48MJ/1m ³
Extraction	Gravier broyé	190	kg	Laghouat
Extraction	Sable	95	kg	Laghouat
Fabrication	Ciment portland	20	kg	Cimenterie Djelfa
Fabrication	Eau potable au robinet	18	kg	ADE
Transport de granulats vers l'usine	Camion 32T	15	t.km	Distance : 50 km
transport du ciment vers l'usine	Camion 32T	3	t.km	Distance : 150 km Masse

La phase de transport, selon la bibliographie [97, 98], correspond à transporter le produit final vers le dépôt de stockage et/ou bien vers la consommation finale ; Les dépôts sont considérés à un rayon de 20 km de la zone de Laghouat. On rappelle que, dans cette phase, les données peuvent varier d'une zone à un autre selon la distance, le type de transport et l'énergie utilisée. On insiste que le retour à vide du camion n'est pas considéré et il n'y a pas de perte de matière sur la durée de vie. Les tableaux 2.5 et 2.6 englobent les flux énergétique, pour le scénario décrit précédemment, pour les deux matériaux.

Tableau 2.5: Flux matière et énergie de la phase de transport BPFV (Ameur)

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
transport produit fini vers le dépôt	Camion 32T	4.02	t.km	Distance : 20 km Masse transportée : 201 kg
transport produit fini vers le chantier	Camion 16T	2,01	t.km	Distance : 10 km Masse transportée : 201 kg

Tableau 2.7: Flux matière et énergie de la phase de transport de Parpaing(Ameur).

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
transport produit finale vers le dépôt	Camion 32T	6	t.km	Distance : 50 km Masse transportée : 305 kg
transport vers le chantier	Camion 16T	3	t.km	Distance : 10 km Masse transportée : 305 kg

b) Phase utilisation

La phase utilisation, exclus de l'étude, contient la mise en œuvre, l'entretien de flux de la matière et l'énergie nécessaire pour que la paroi assure le confort thermique dans le cas où le recours à des systèmes de conditionnement de l'air est indispensable.

c) Inventaire phase fin de vie (démolition et mise en décharge)

Pour notre cas et vue la complexité du composite et la difficulté d'un tri sélectif ou d'un recyclage directe, nous avons proposé deux scénarios de fin de vie à savoir par enfouissement ou remblayage des carrières (100% des déchets de la démolition). Le tableau 2.6 présente l'énergie nécessaire pour la démolition de la paroi et le transport des déchets pour des blocs de béton de fibres végétales du palmier dattier.

Tableau 2.6: Flux matière et énergie phase fin de vie BPFV(Ameur).

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
Démolition	Palle mécanique	0,28	kWh	0.006 MJ/kg
Transport de déchets	Camion	11.55	t.km	Distance : 50km Masse transportée : 220kg

Le tableau 2.7 englobe les flux de matière inclus dans le sous ensemble démolition et fin de vie y compris le transport des déchets pour les blocs de parpaing plein.

Tableau 2.7: Flux matière et énergie phase fin de vie Blocs de parpaing (Ameur).

Sous-ensemble	Nom	Quantité	Unité	Commentaires utilisateur
Démolition	Palle mécanique	0.80	kWh	0.007 MJ/kg
Transport déchet	camion	16	t.km	Distance : 50km Masse transportée : 320kg

VII.3.3. Analyse d'impact environnemental

La simulation a permis de quantifier les impacts environnementaux de la production des blocs en BPFV et les blocs de parpaing plein pour même unité fonctionnelle.

a) Impact des blocs de BPFV

Le tableau 2.8 récapitule les impacts totaux de cycle de vie des blocs par phase de production de béton de plâtre renforcé par des fibres végétales du palmier dattier.

Tableau 2.7: Impact environnemental par phase de vie de BPFV(Ameur).

Indicateurs	Phase de Production	Phase de Transports	Phase démolition	Fin de vie
Consommation énergie NR (MJ eq)	4,24E+00	2,72E-01	6,86E-01	1,66E+00
Consommation ressources (kg Sb eq)	1,69E-03	1,17E-04	2,92E-04	7,09E-04
Effet de serre GWP 100 mod (kg CO2 eq)	5,07E-01	1,64E-02	4,09E-02	7,71E-02
Acidification (kg SO2 eq)	1,01E-03	6,80E-05	1,59E-04	3,88E-02
Eutrophisation (air eau sol) (kg PO4 eq)	2,78E-04	1,80E-05	4,70E-05	7,33E-05
Pollution photochimique (kg C2H4)	4,14E-05	2,13E-06	5,15E-06	1,53E-03
Écotoxicité aquatique (kg 1,4-DB eq)	3,23E-02	1,45E-03	4,65E-03	6,09E-03
Toxicité humaine (kg 1,4-DB eq)	7,68E-02	3,98E-03	1,05E-02	4,97E-02

La première conclusion retenue est que la phase de production est responsable de la plus grande part des impacts environnementaux, la figure suivante montre le pourcentage des effets de chaque phase de vie dans catégorie de dommage.

La figure 2.5 montre La part de chaque phase de vie sur les différentes catégories de dommage.

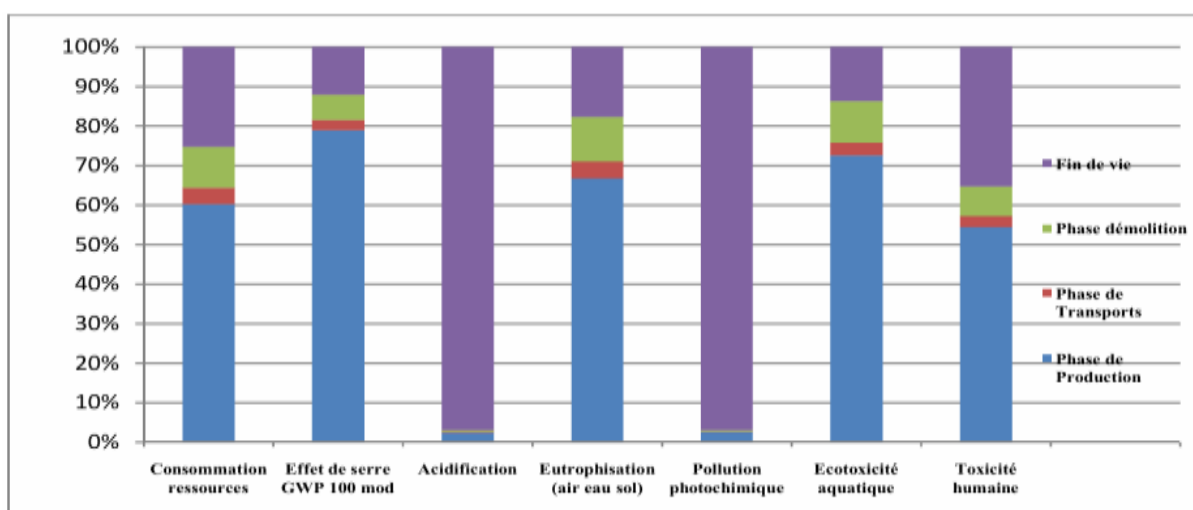


Figure 2.5: La part de chaque phase de vie sur les différentes catégories de dommage (Ameur).

Dans les catégories d'impacts consommation énergie NR, la consommation des ressources non renouvelable CRN, le potentiel d'effet de serre GWP, l'eutrophisation EU, l'écotoxicité aquatique EA et la toxicité humaine TH l'impact de la phase de production présente 60 %, 78 %, 66 %, 72 % et 54 % respectivement. Pour l'acidification AC et la pollution photochimique PP le pourcentage des contributions est moins de 4% . Il se montre aussi que la fin de vie est responsable de plus de 95 % des émissions causant l'acidification et la pollution photochimique. La phase de transport ne représente que de 1 à 4 % dans l'ensemble des catégories étudiées.

La figure ci-dessous récapitule l'impact environnemental lié à chaque phase de cycle de vie. Les résultats sont normalisés en un score (point) en équivalent jour d'un européen. Moyen.

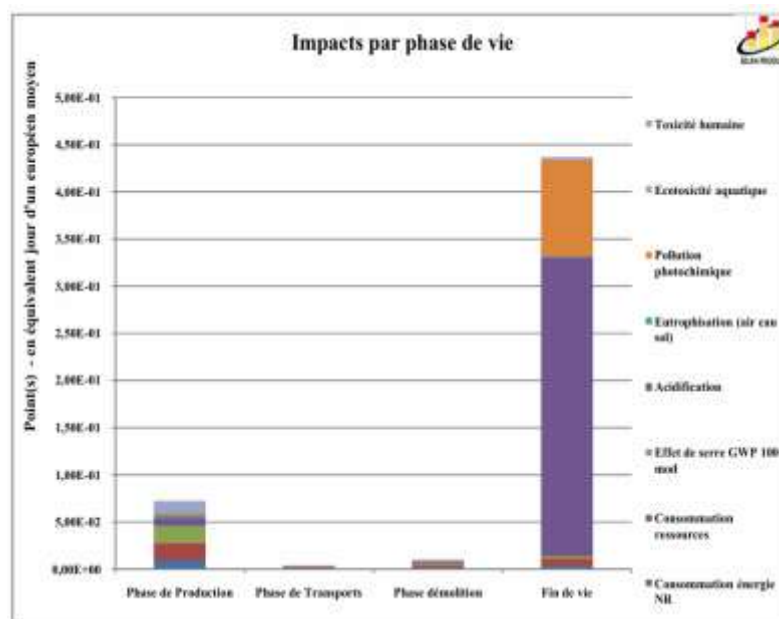


Figure 2.6: Score final par phase de vie pour le BPFV(Ameur).

La figure 2.6 obtenue après la normalisation des résultats, montre que le dommage environnemental principal le long de cycle vie des blocs en BPFV est lié à la phase de fin de vie bien qu'il reste sous le niveau moyen d'une contribution journalière d'un européen.

b) Impacts environnementaux du parpaing

Le tableau 2.8 récapitule les impacts totaux de cycle de vie des blocs par phase de vie de béton ordinaire (parpaing plein).

Tableau 2.8: Impact environnemental par phase de vie de parpaing (Ameur)

Indicateurs	Phase de Production	Phase de Transports	Phase démolition	Fin de vie
Consommation énergie NR (MJ eq)	3,37E+00	4,23E-01	7,38E-01	2,01E+00
Consommation ressources (kg Sb eq)	1,32E-03	1,82E-04	3,09E-04	8,68E-04
Effet de serre GWP 100 mod (kg CO2 eq)	3,95E-01	2,56E-02	4,17E-02	9,11E-02
Acidification (kg SO2 eq)	8,84E-04	9,82E-05	1,69E-04	4,41E-04
Eutrophisation (air eau sol) (kg PO4-eq)	2,74E-04	2,61E-05	5,93E-05	8,87E-05
Pollution photochimique (kg C2H4)	3,24E-05	3,13E-06	5,87E-06	1,54E-05
Ecotoxicité aquatique (kg 1,4-DB eq)	3,35E-02	2,23E-03	7,15E-03	3,42E-03
Toxicité humaine (kg 1,4-DB eq)	7,36E-02	6,12E-03	1,30E-02	2,18E-02

On remarque, que pour les blocs de parpaing, la phase de production présente les plus grands dommages dans toutes les catégories d'impacts, la figure suivante confirme cette remarque.

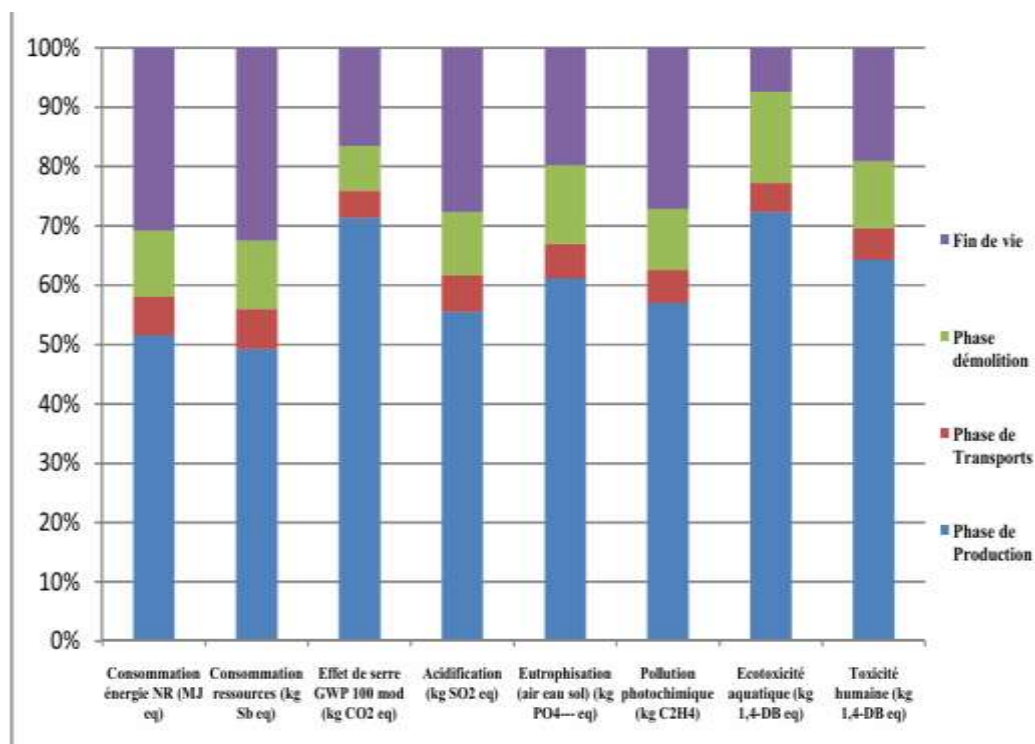


Figure 2.7: La part de chaque phase de vie sur les différentes catégories de dommage (Ameur)

La part de la phase de production dans la consommation énergétique et celle des ressources non renouvelable est estimée à 52 % et 49 % successivement. Sa participation à GWP et l'écotoxicité aquatique estimé à 72 % dans chaque catégorie. Le reste des effets de la phase de production est varié entre 56 % pour l'acidification, 61 % pour l'eutrophisation, 58 % pour la pollution photochimique et 63 % dans la catégorie toxicité humaine. La figure ci-dessous récapitule les impacts environnements liés à chaque phase de cycle de vie. Les résultats sont normalisés en un score (point) en équivalent jour d'un européen moyen :

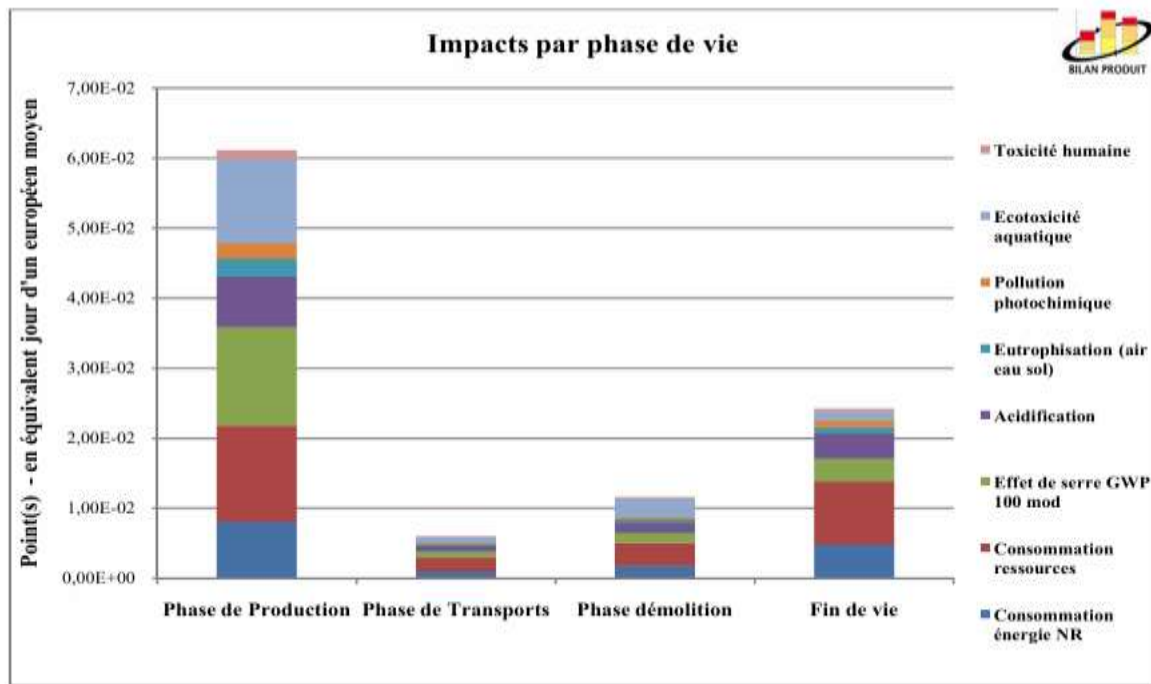


Figure 2.8: La part de chaque phase de vie sur les différentes catégories de dommage (Ameur).

On peut conclure que la phase de production constitue la première source de pollution. L'effet de serre, la consommation des ressources et la consommation énergétique représente la grande partie des dommages.

Comme synthèse pour le deux matériaux :

- Le parpaing a plus de dommage environnemental dans la phase de production,
- Pour la phase de transport le BPFV contribue 2 fois plus que le parpaing de ciment dans l'empreinte environnementale.
- L'eutrophisation a rendu le BPFV le plus polluant que le parpaing dans la fin de vie.

VII.3.4. Présentation et interprétation des résultats

Cette phase est la plus importante dans une analyse de cycle de vie, la normalisation des résultats est décisive. Le manque d'une base de données algérienne d'ACV, d'indicateurs de normalisation ainsi que les seuils des différents impacts a rendu l'étape de l'interprétation de plus en plus difficile. On a utilisé les normes européennes comme élément de normalisation. Donc, les impacts sont pondérés vers une unité commune qui est point équivalent jour d'un moyen européen.

- **Les blocs de BPFV**

Pour interpréter les résultats obtenus, on doit étudier chaque phase de vie, pour les deux matériaux, séparément. La figure ci-dessous montre l'importance de chaque

impact par phase de cycle de vie pour les bétons de plâtre de fibres végétales du palmier dattier (BPFV).

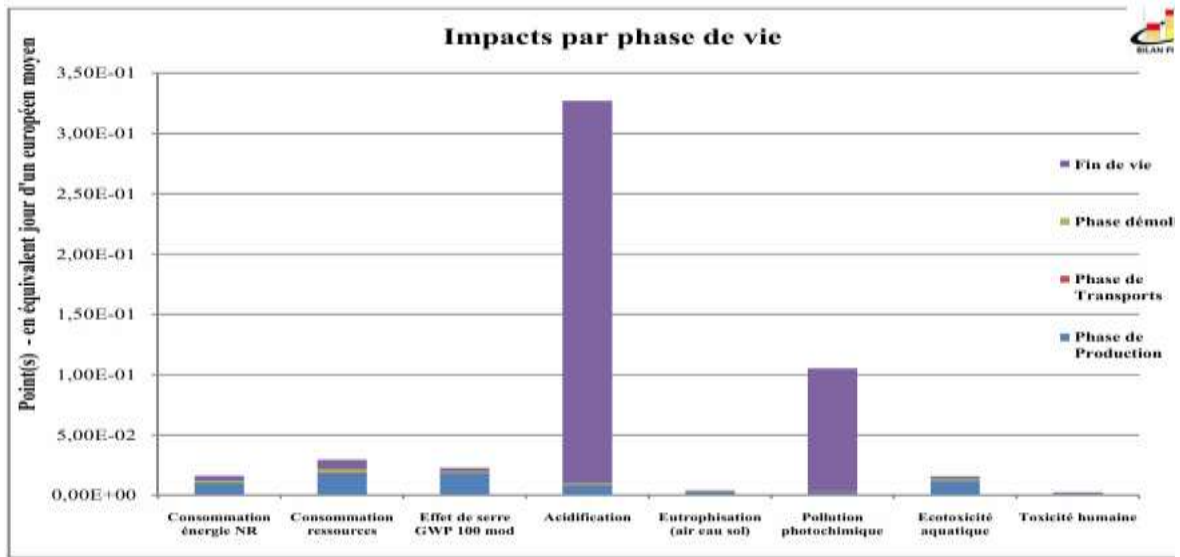


Figure 2.9: Impacts par phase de vie BPFV (Ameur).

On remarque que l'impact de la phase de production est le plus important sauf pour les catégories de dommage acidification et pollution photochimique ou la part de la phase de fin de vie est considérable. Donc l'étude de la phase de production et de la fin de vie des blocs BPFV est cruciale pour déterminer le flux de matière qui a plus impact environnemental. La figure ci-après présente l'impact du flux de matière dans la phase de production des BPFV.

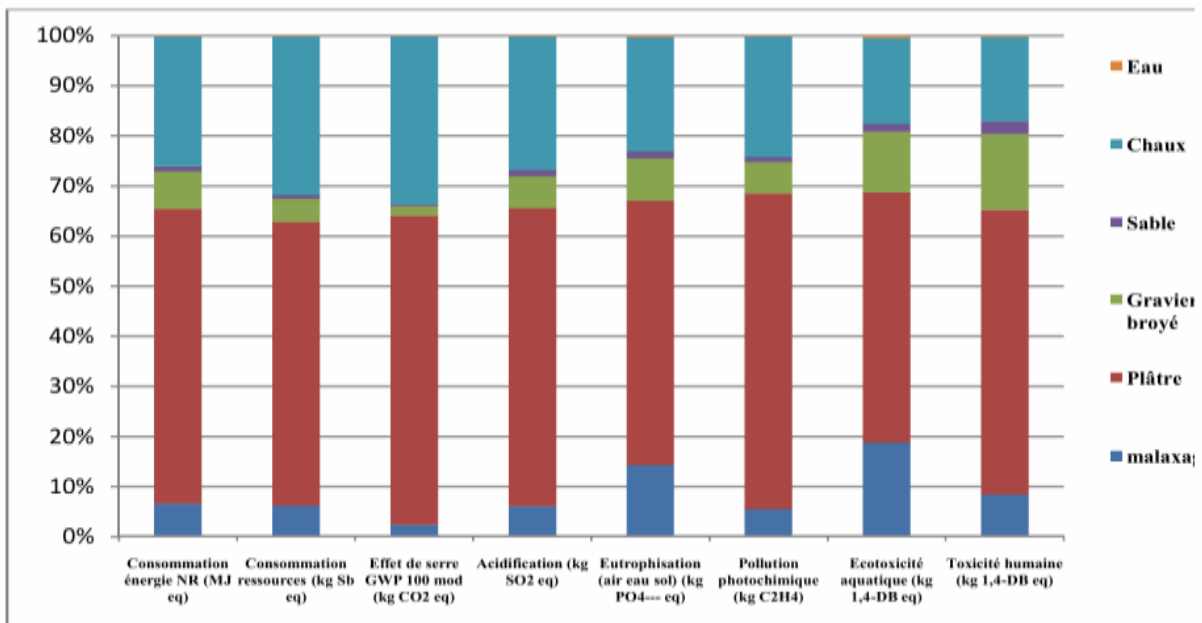


Figure 2.10: Contribution de chaque flux de matière aux impacts environnementaux dans la phase de production (Ameur).

La figure 2.10 permet de conclure que le plâtre est responsable de plus de 50% des dommages environnementaux liés à la production de BPFV, suivi par la chaux qui participe de 15 à 35%, ensuite le procédé de malaxage (consommation énergétique) avec un pourcentage qui varié entre 4 à 18%, les granulats de 3 à 18% et finalement l'eau de gâchage qui contribue d'environ 1% dans la totalité des dommages. Le pourcentage élevé pour le plâtre et la chaux est justifié par les matières premières et l'énergie grise entrant dans la fabrication du plâtre et de la chaux. Cette réalité est accentuée par le fait que l'exploitation plâtrière est située à 200 km du lieu de fabrication car l'approvisionnement du plâtre et de la chaux (qui représentent environ 38% des matières premières) est assuré par le transport routier, ce qui a augmenté la part du transport dans les émissions totales. Bien que la présence du plâtre dans la formulation des BPFV soit moins de 50 % des matières employées (environ 30%), il contribue à 48% dans la catégorie "consommation des ressources. Cela peut être encore lié à sa production qui nécessite une grande quantité des matières premières et son l'énergie grise.

Ameur a constaté que l'empreinte environnementale des BPFV dans la phase de fin de vie est considérable, Nous avons aussi constaté que l'empreinte environnementale des BPFV dans la phase de la figure suivante illustre la part des constituants de BPFV.

la figure suivante illustre la part des constituants de BPFV dans la phase de fin de vie.

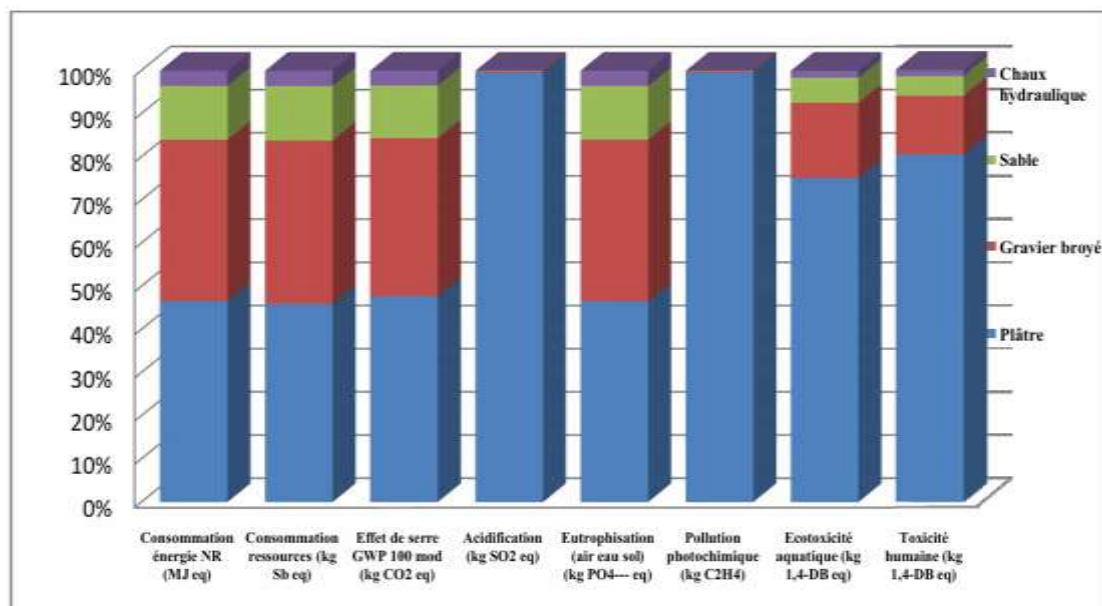


Figure 2.11: l'impact des matières première dans la fin du vie des BPFV : l'impact des matières première dans la fin du vie des BPFV Chaux hydraulique, sable, gravier broyé, plâtre : l'impact des matières première dans la fin du vie des BPFV (**Ameur**).

Le plâtre représente la première source d'impact environnemental de 42 à 98%, suivie par le gravier de 12 à 45 %, ensuite le sable d'une contribution de 5 à 12 % et

finalement la chaux qui représente seulement 2 à 5 % de l'empreinte environnementale de cette phase.

Comme synthèse, on peut dire que le plâtre est le premier responsable des impacts environnementaux dans tout le cycle de vie des BPFV, que ce soit la phase de fabrication, de transport ou bien dans sa fin de vie.

- **Les blocs de parpaing**

La figure 2.12 récapitule les différents impacts environnementaux par phase de vie de la paroi en parpaing plein (ordinaire). Rappelons que ce parpaing a les mêmes caractéristiques de la masse thermique (inertie) que la paroi en béton de plâtre renforcé par des fibres végétales du palmier dattier.

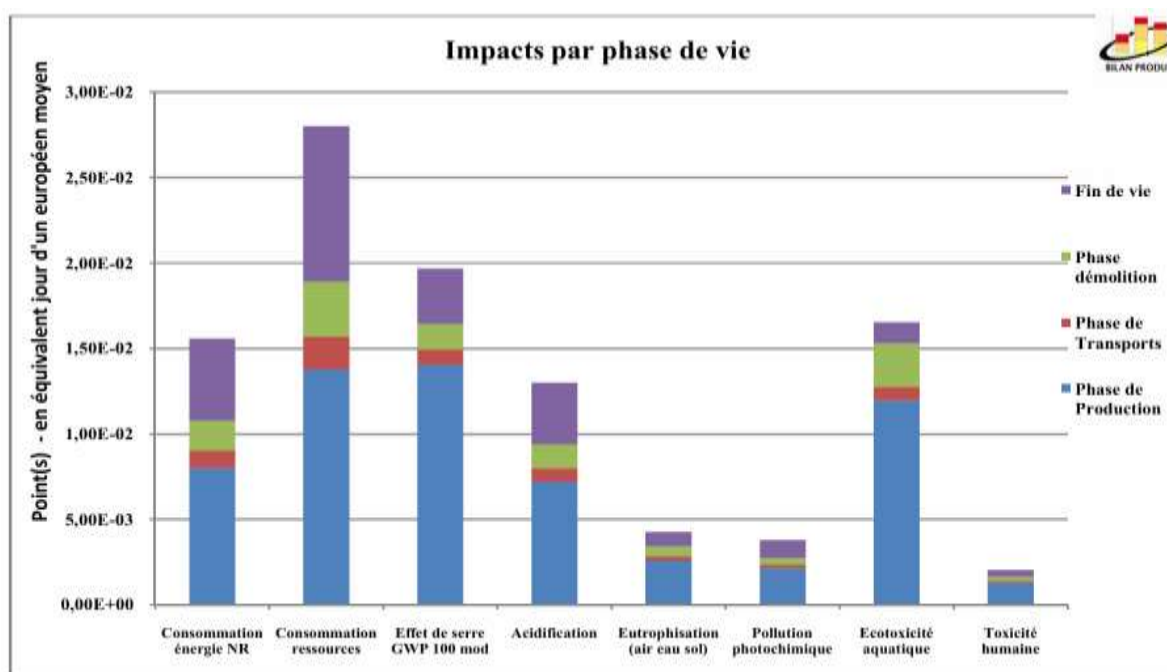


Figure 2.12: Impacts par phase de vie parpaing plein (Ameur).

D’après la figure 2.12, **Ameur** a constaté que l'empreinte environnementale de la phase production représente de 40 à 70% de l'impact environnemental global du produit. Cela peut être justifié par l'utilisation d'une grande quantité des matières premières dans la production du parpaing particulièrement le gravier (3/8) et le sable, et qui génèrent plus d'impact dans la phase "extraction des matières première" qui nécessite une énergie grise relativement importante.

La figure 2.13 présente les impacts environnementaux liés à la phase de production, fabrication de ciment, suivie par le transport de gravier et de sable, ensuite l'énergie lie au malaxage et conditionnement, la fabrication de gravier et de sable et finalement le transport du ciment vers l'usine de production. Donc le ciment qui constitue juste 7 % des matières première, il se présente comme la première cause des impacts environnementaux spécialement le GWP et la consommation des ressources.

Il faut noter que pour produire 20 kg de ciment il faut des ressources 4 fois plus pour la production de 190 kg de gravier.

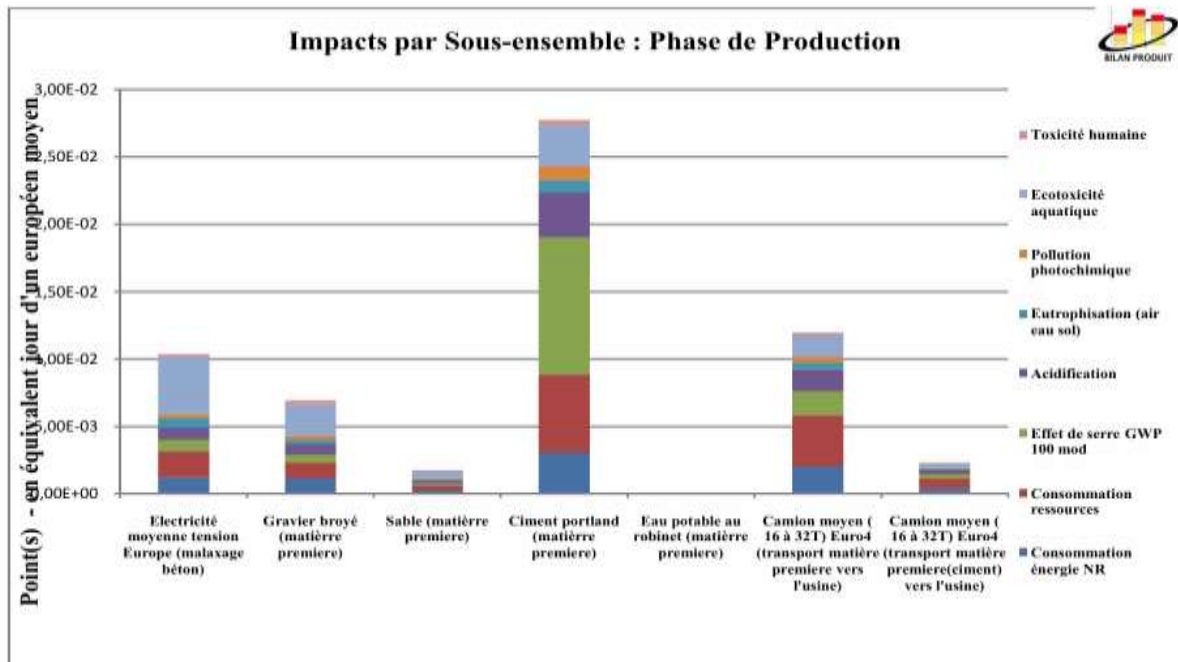


Figure 2.14: Impacts relative à chaque matériau utilisé (**Ameur**).

La contribution de gravier est le plus important dans la fin de vie de parpaing, cela est du à l'énergie nécessaire pour la démolition, le transport des déchets et l'énergie de remblayage. La part du ciment minime par rapport au gravier et pour le sable.

Le potentiel d'effet de serre contenant du gravier est 5 fois plus important que celui contenant dans le ciment. Les mêmes constatations sont pour l'acidification, la pollution photochimique et écotoxicité aquatique. La toxicité humaine est pratiquement similaire pour les 3 matériaux. Comme synthèse pour le cycle de vie du parpaing :

- Le ciment est le premier contributeur dans les dommages environnementaux pour la phase de production;
- Pour la phase du transport l'impact environnemental est moins important en comparaison avec la phase de production et la fin de vie, cela justifié par le fait que la grande quantité des matières premières est venue des carrières proches de lieu de fabrication.
- Le gravier et le sable sont les principales responsable des pollutions à la fin de vie.

VIII. Conclusion

L'analyse de l'environnement consiste en un examen complet des activités humaines telles que les opérations industrielles, l'utilisation de diverses ressources naturelles (énergie solaire, eau, etc.) et leurs effets directs et indirects sur les paramètres environnementaux,

L'écosystème, le milieu de vie, le milieu physique, etc. sont autant de composantes du système environnemental. Cet examen nécessite l'utilisation de méthodes soutenues comme l'éco-conception. Seuls certains outils et processus, comme l'analyse du cycle de vie, peuvent rendre ces approches efficaces. L'exemple présenté dans ce chapitre sur le calcul des impacts environnementaux montre que le matériau béton de plâtre avec fibres végétales (BPFV) présente une alternative prometteuse pour remplacer le parpaing ordinaire grâce à ses impacts environnementaux réduits d'environ 20% en comparaison avec les blocs en parpaing pour la même unité fonctionnelle et qui nécessite plus de matière et d'énergie pour la production que pour la démolition. On remarque aussi que la mise en décharge des BPFV est moins dangereuse que le béton de parpaing que ce soit pour l'environnement ou pour la santé humaine.

CHAPITRE 3

Analyse sociale de cycle de vie

Chapitre 3: Analyse sociale de cycle de vie

I. Introduction

En 2009, l'initiative sur le cycle de vie du PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement) lançait les premières lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie (ASCV). Depuis lors, les chercheurs et les praticiens ont recours à ces lignes directrices pour évaluer les impacts sociaux et socio-économiques, tant positifs que négatifs, des produits tout au long de leur cycle de vie. Parallèlement, la pratique de l'AECV a évolué, passant du petit cercle des praticiens universitaires à un cercle qui comprend maintenant des parties prenantes de l'industrie, des décideurs politiques et des entreprises. Cette évolution de la théorie à la pratique nécessite de disposer d'informations et de lignes directrices actualisées qui ne requièrent pas une compréhension préalable des approches du cycle de vie, mais aussi de veiller à ce que ceux en mesure d'éclairer les processus décisionnels aient les bons outils entre leurs mains. Ces nouvelles lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie répondent à ces deux objectifs. L'édition 2020 examine également les manières de relier les impacts sociaux de la production et de la consommation d'un produit aux impacts plus larges associés à l'influence d'une organisation tout au long du cycle de vie d'un produit. L'Analyse sociale du cycle de vie des organisations (ASCVO) renforce l'AECV en fournissant une perspective organisationnelle qui guide de nombreuses décisions. L'ASCVO complète également les lignes directrices pour l'ACV organisationnelle, un autre outil développé par l'initiative sur le cycle de vie.

II. Définitions

II.1. Définition et structure de l'analyse sociale de cycle de vie

L'analyse sociale du cycle de vie (ASCV) est une méthodologie permettant d'évaluer les impacts sociaux des produits et services tout au long de leur cycle de vie (par exemple, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie, par exemple la phase d'élimination). Elle offre un cadre d'évaluation systématique qui combine des données quantitatives et qualitatives. L'AECV fournit des informations sur les aspects sociaux et socio-économiques pour la prise de décision, dans la perspective d'améliorer la performance sociale d'une organisation et, au final, le bien-être des parties prenantes. Dans cette section 2.1, nous présentons succinctement la structure de l'AECV et ses principaux aspects, qui seront ensuite détaillés dans les sections suivantes.

L'AECV repose sur une combinaison de méthodes, de modèles et de données. Les méthodes AECV sont décrites dans des documents de référence et dans divers articles de revues. Les modèles sont utilisés pour fournir une représentation des cycles de vie des produits/systèmes étudiés; plusieurs types de modèles peuvent être utilisés, par exemple un modèle de processus. Les données sont les informations sur le cycle de vie du produit/système et ses impacts potentiels qui permettent d'effectuer l'analyse. Des outils logiciels peuvent être utilisés pour appliquer des méthodes, accéder à des données génériques et fournir des rapports de synthèse avec des mises en page graphiques des informations traitées. L'AECV utilise certaines des capacités de modélisation et des processus d'évaluation systématique de l'analyse environnementale du cycle de vie (AECV), combinés aux méthodes des sciences sociales. Les catégories et sous catégories d'impact évaluées dans le cadre de l'AECV sont celles qui peuvent directement affecter les parties prenantes de manière positive ou négative au cours du cycle de vie d'un produit. Elles sont largement définies par la communauté internationale à travers ses cadres politiques et autres références en matière de responsabilité sociale et conformément aux meilleures données scientifiques disponibles.

L'AECV peut être appliquée seule ou en combinaison avec l'AECV et/ou l'analyse du coût du cycle de vie (ACCV). Elle se distingue des autres techniques d'évaluation de l'impact social par son objet : les produits ou services et leur cycle de vie; par son champ d'application : l'ensemble du cycle de vie; et par son caractère systématique : processus systématique de collecte et de compte rendu des impacts sociaux et des avantages tout au long du cycle de vie. Le tableau 3.1 donne le champ d'application, types d'impact et objet de l'ASCV.

Tableau 3.1 : Champ d'application, types d'impact et objet de l'ASCV

Champ d'application du système	Types d'impact	Objet de l'étude
<ul style="list-style-type: none"> • Cycle de vie complet des produits et services (du berceau au tombeau; de l'extraction des ressources à la fin de la vie). • Chaîne d'approvisionnement du produit (du berceau à la porte de l'usine; phase d'utilisation et fin de vie exclues). • Phases du cycle de vie (porte-à-porte ou de la porte de l'usine au tombeau). 	Impacts sociaux et socio-économiques potentiels ou réels (selon son application).	Produits ou services.

L'AECV est en grande partie basée sur le cadre ISO 14040 pour l'AECV. Elle comprend donc quatre phases : Définition des objectifs et du champ de l'étude, Inventaire (social) du cycle de vie (ISCV), Évaluation des impacts sociaux du cycle de vie (EISCV) et Interprétation. Il s'agit d'une méthodologie itérative, ce qui signifie que nous pouvons améliorer l'évaluation au fil du temps, en passant par plusieurs

boucles d'évaluation et en passant de résultats plus génériques/ potentiels à des résultats plus spécifiques au site et au étudié. La figure 3.1 montre les quatre phases itératives de l'AECV (adaptées de Benoît Norris, 2012). Les flèches représentent les liens entre toutes les phases.

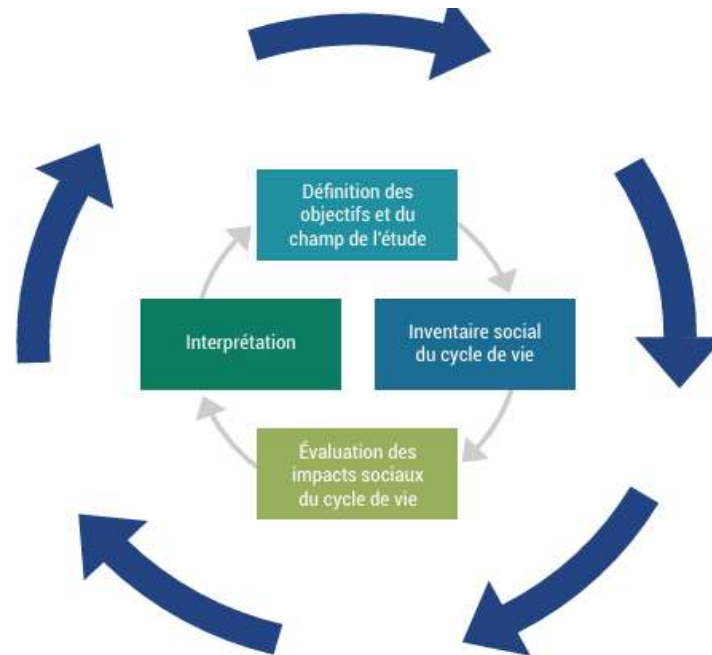


Figure 3.1 : Les quatre phases itératives de l'AECV (adaptées de Benoît Norris, 2012). Les flèches représentent les liens entre toutes les phases.

II.2. Catégories de parties prenantes, catégories d'impact et sous-catégories d'impact

Le cadre AECV fait appel à une approche des parties prenantes dans laquelle les impacts potentiels sur les différentes catégories de parties prenantes sont pris en compte. Cela reflète le fait que la durabilité sociale consiste à identifier et à gérer les impacts, tant positifs que négatifs, sur les personnes (parties prenantes). Les impacts sociaux sont classés par catégories de parties prenantes afin de faciliter l'opérationnalisation et de garantir l'exhaustivité du cadre. Les catégories de parties prenantes sont à la base d'une AECV car ce sont les éléments sur lesquels la justification de l'inclusion ou de l'exclusion dans le champ d'application doit être fournie. Les sous-catégories d'impact, qui comprennent des thèmes ou des attributs socialement significatifs, sont liées aux catégories de parties prenantes. Ces sous-catégories sont évaluées à l'aide d'indicateurs d'impact, dont les indicateurs d'inventaire sont directement liés à l'inventaire du cycle de vie du produit.

En ce qui concerne les catégories de parties prenantes, la qualité des relations d'une organisation avec ses parties prenantes est essentielle pour sa performance sociale. Directement ou indirectement, les organisations influent sur le sort des parties prenantes et il est important de gérer ces impacts sociaux de manière proactive. Les catégories de parties prenantes qui sont prises en compte dans les lignes directrices

pour l'ASCV, sur la base de discussions entre les experts concernés, sont les travailleurs, les communautés locales, les acteurs de la chaîne de valeur (par exemple les fournisseurs), les consommateurs, les enfants et la société. D'autres classifications sont possibles (par exemple par pays) et autorisées, mais elles doivent être expliquées et argumentées. Toutefois, l'utilisation de la classification envisagée ici facilitera une comparaison directe avec d'autres études qui suivent les lignes directrices.

Comme mentionné précédemment, ces impacts potentiels peuvent être classés en plusieurs catégories, en fonction des sujets de préoccupation qui sont potentiellement concernés. Les catégories d'impact communes qui peuvent être considérées sont les droits de l'homme, les conditions de travail, le patrimoine culturel, la gouvernance et les répercussions socio-économiques. D'autres catégories ont été définies pour soutenir l'analyse d'impact et comme un regroupement logique de sous-catégories telles que l'éducation, le salaire équitable, la santé humaine, etc. Par exemple, le salaire équitable et les heures de travail sont des sous-catégories de la catégorie d'impact Conditions de travail (remarque : la liste des catégories d'impact est purement indicative et non exhaustive). D'autres catégories d'impact. Le Tableau 3.2 donne la liste des catégories de parties prenantes et des sous-catégories d'impact;

Tableau 3.2 : Liste des catégories de parties prenantes et des sous-catégories d'impact.

Catégories de parties prenantes	Travailleurs	Communauté locale	Acteurs de la chaîne de valeur (hors consommateurs)	Consommateurs	Société	Enfants
Sous-catégories	<ol style="list-style-type: none"> Liberté d'association et de négociation collective Travail des enfants Salaires équitables Heures de travail Travail forcé Égalité des chances/discrimination Santé et sécurité Prestations sociales/sécurité sociale Relation de travail Harcèlement sexuel Petits exploitants, y compris agriculteurs 	<ol style="list-style-type: none"> Accès aux ressources matérielles Accès aux ressources immatérielles Délocalisation et migration Patrimoine culturel Conditions de vie saines et sûres Respect des droits des peuples autochtones Engagement communautaire Emploi local Conditions de vie sûres 	<ol style="list-style-type: none"> Concurrence équitables Promotion de la responsabilité sociale Relations avec les fournisseurs Respect des droits de propriété intellectuelle Répartition des richesses 	<ol style="list-style-type: none"> Santé et sécurité Mécanisme de retour d'information Vie privée des consommateurs Transparence Responsabilité en fin de vie 	<ol style="list-style-type: none"> Engagements publics sur les questions de durabilité Contribution au développement économique Prévention et atténuation des conflits armés Développement technologique Corruption Traitement éthique des animaux Réduction de la pauvreté 	<ol style="list-style-type: none"> Éducation dispensée dans la communauté locale Questions de santé pour les enfants en tant que consommateurs Préoccupations en lien avec les enfants concernant les pratiques commerciales

II.3. Principales définitions des concepts fondamentaux

Cette section définit les principaux termes et décrit les différents types de résultats finaux d'une ASCV. En tant que méthodologie, l'AECV se concentre principalement sur l'évaluation des impacts sociaux potentiels. Cependant, certaines études AECV évaluent également les impacts sociaux réels. Par plus d'un indicateur, on entend la présence probable d'un impact social, résultant des activités/comportements des organisations liés au cycle de vie du produit ou du service et de l'utilisation du produit lui-même.

Les impacts sociaux potentiels sont souvent basés sur plusieurs indicateurs (de l'inventaire) (par exemple un risque social) et peuvent contenir des aspects de liens de causalité lorsqu'ils sont calculés dans le cadre de l'approche de la voie d'impact.

Les impacts sociaux réels sont eux compris comme les conséquences positives ou négatives découlant de la relation de cause à effet entre une activité et un aspect lié au bien-être humain, tel que couvert par les sous-catégories d'impact.

Certaines méthodes d'analyse d'impact dans l'AECV peuvent se concentrer sur l'évaluation des impacts sociaux potentiels et ce, à travers l'évaluation des risques sociaux. Le risque social est un sujet pour lequel il existe une probabilité d'effets sociaux négatifs sur les parties prenantes par le biais des activités ou des relations commerciales d'une organisation. Il peut également y avoir une évaluation de l'étendue du risque, par exemple faible ou élevé, via une étape de référencement. Les risques sociaux sont généralement mesurés au niveau du pays, du secteur ou de l'entreprise. Ce sont des indicateurs d'impacts sociaux potentiels.

Un point chaud social est un lieu et/ou une activité dans le cycle de vie où un problème social (en tant qu'impact) et/ou un risque social est susceptible de se produire. Il est généralement lié aux étapes ou aux processus du cycle de vie. Il doit contribuer de manière significative à l'impact (globalement, par catégorie ou sous-catégorie d'impact). En d'autres termes, les points chauds sociaux sont des processus élémentaires situés dans une région où un problème, un risque ou une opportunité peut survenir en relation avec une question sociale considérée comme menaçant le bien-être social ou pouvant contribuer à son développement.

La performance sociale fait référence aux principes, aux pratiques et aux résultats des relations des entreprises avec les personnes, les organisations, les institutions, les communautés et les sociétés en termes d'actions délibérées des entreprises envers ces parties prenantes ainsi que les externalités involontaires de l'activité commerciale mesurées par rapport à une norme connue (Wood, 2016). Généralement, la performance sociale est mesurée au niveau des indicateurs de l'inventaire.

L'empreinte sociale fait référence au résultat final d'une étude ASCV, en termes d'effets négatifs, globalement ou par catégorie/sous-catégorie d'impact (par exemple, l'équivalent total d'heures à risque moyen pour les droits du travail et le travail décent par catégorie d'achat de la chaîne d'approvisionnement).

Les empreintes positives de changements mis en œuvre (Social hand print) sont le résultat de changements apportés au statu quo qui ont des résultats ou des impacts positifs. Il peut s'agir de changements qui réduisent l'empreinte sociale ou de changements qui créent des impacts sociaux positifs supplémentaires/indépendants. Ces changements peuvent s'appliquer à la chaîne de valeur du produit ou de l'organisation ou ils peuvent se trouver hors de son champ d'application. Par exemple, une entreprise a mis en place un programme avec l'un de ses fournisseurs qui a permis d'éviter un nombre excessif d'heures de travail. Le résultat de ce changement peut réduire l'empreinte sociale de cette entreprise et de son fournisseur sur le temps de travail excessif, mais peut aussi, si ce fournisseur a d'autres clients, réduire l'empreinte de ces clients également, ce qui peut être crédité comme une action sociale à l'entreprise qui a initié le changement.

III. Eléments de méthodologie pour réaliser une ACVS

L'ASCV se divise en différentes phases : la définition des objectifs et du champ de l'étude, l'analyse de l'inventaire du cycle de vie, l'évaluation des impacts du cycle de vie, et l'interprétation du cycle de vie. L'ASCV prend en compte les multiples parties

prenantes et s'intéresse à de nombreuses mesures quantitatives et qualitatives concernant ces différents acteurs, telles que les conditions de travail des employés, la contribution au développement économique de la communauté locale, ou encore la transparence auprès des consommateurs. À l'issue de l'analyse, la meilleure connaissance de la chaîne causale permet à l'entreprise d'améliorer sa stratégie pour réduire ou maximiser ses impacts.

Pourquoi les entreprises devraient l'utiliser dans le cadre de la RSE ?

L'ASCV rencontre cependant de nombreuses limites, notamment du fait de sa nouveauté : un manque de compétences, un accès difficile aux données, une ignorance des chaînes causales, une mauvaise analyse de certaines phases d'utilisation du produit ou du service étudié, ou encore un manque de transparence dans la communication des résultats. Si elle représente encore un véritable défi, l'ASCV se positionne toutefois comme un outil précieux pour aiguiller les entreprises dans leurs décisions, notamment en vue d'inscrire celles-ci dans le respect des objectifs du développement durable (ODD) définis par les Nations Unies.

L'ASCV est, entre autres, prônée par la Life Cycle Initiative, un projet soutenu par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, et qui vise à encourager l'amélioration des méthodologies de l'ASCV et l'adoption de cet outil par un nombre croissant d'entreprises. La vision globale des impacts socio-économiques du cycle de vie d'un produit, obtenue grâce à une ASCV, permet de formaliser et mettre en place de véritables solutions dans une démarche de responsabilité sociétale des entreprises.

IV. Conclusion

L'analyse sociale du cycle de vie (ASCV) conclut que la durabilité d'un produit ne peut être uniquement mesurée par son empreinte écologique ; elle doit intégrer les impacts humains sur l'ensemble de la chaîne de valeur, de l'extraction au recyclage.

Voici les points clés à retenir pour une conclusion :

- Complémentarité indispensable : L'ASCV comble les lacunes de l'ACV environnementale classique en abordant les conditions de travail, les droits de l'homme et les impacts sur les communautés locales.
- Aide à la décision stratégique : Elle permet aux entreprises et aux décideurs publics de passer d'une vision court-termiste à une évaluation de la valeur à long terme, favorisant ainsi une responsabilité sociétale (RSE) authentique.
- Jeunesse et défis méthodologiques : La méthode reste qualifiée de "jeune et immature". Ses principaux freins incluent :
 - Le manque de données précises et standardisées pour certains indicateurs sociaux;
 - La difficulté de quantifier des aspects subjectifs ou contextuels (culture, bien-être);

- La complexité de la traçabilité dans des chaînes d'approvisionnement mondialisées.
- Perspectives d'avenir : L'évolution de l'ASCV tend vers une intégration systémique avec les Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU, visant à rendre les outils d'évaluation plus fiables et opérationnels pour l'industrie.

CHAPITRE 4

Analyse des Coûts du Cycle de Vie

Chapitre4: Analyse des coûts du cycle de vie

I. Introduction

À une époque où les entreprises évoluent dans un paysage complexe de fluctuations économiques et de prise de conscience environnementale, il est primordial de comprendre l'ensemble des coûts associés à un produit, un service ou un projet. L'analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) est une approche stratégique qui transcende les évaluations financières traditionnelles, offrant aux organisations une vision globale des coûts tout au long du cycle de vie.

II. Définitions

II.1. Analyse des coûts de cycle de vie

Une analyse des coûts du cycle de vie (ACCV) est une méthode qui permet de comptabiliser l'ensemble des coûts d'un produit ou d'un service sur ce même cycle de vie, coûts qui sont souvent liés aux enjeux environnementaux. Comme l'ACV environnementale, elle prend en compte toutes les étapes du cycle de vie : l'extraction et la transformation des matières premières, la fabrication, la distribution, l'utilisation, la réutilisation, la maintenance, le recyclage et l'élimination finale. L'ACCV peut compléter l'ACV environnementale et l'analyse du cycle de vie sociale (ASCV) ; elle peut être appliquée seule ou en combinaison avec ces autres méthodes.

Il y a parfois une confusion entre coût total de possession et l'analyse des coûts du cycle de Vie (ACCV). Cependant, le coût total de possession (TCO) ne prend en compte qu'une partie du CCV, de l'acquisition jusqu'à l'abandon. En effet, les coûts en amont (conception, fabrication, propriété précédente) et en aval (propriété suivante et démantèlement) ne sont pas pris en compte par le TCO alors qu'ils le sont par le CCV.

L'objectif d'une ACCV est d'aider à la décision économique dans le but de choisir entre plusieurs investissements possibles. Cet outil permet de mettre en avant le coût pris en charge par l'entreprise, le client (ou consommateur) et la société tout en introduisant les notions environnementales dans la description du cycle de vie.

II.3. Marchés publics

En ce qui concerne les marchés publics, le champ est plus large, l'objectif ne doit pas être uniquement la recherche de la solution la moins coûteuse, car cela pourrait inciter les décideurs à répercuter les coûts sur la société. Ceci pourrait donc avoir

comme conséquence une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, du travail des enfants, etc.

II. 3. Concept central

Au cœur de l'ACCV se trouve la compréhension que les coûts ne se limitent pas aux dépenses initiales, mais s'étendent tout au long de la vie de l'actif. Cette approche garantit que tous les coûts potentiels sont pris en compte, conduisant à une budgétisation et une planification financière plus précises.

II.2.1. Évaluation des coûts initiaux

La première branche de la carte conceptuelle se concentre sur l'évaluation des coûts initiaux, qui comprend les frais d'acquisition, les frais d'installation et les coûts de formation initiaux. Ce sont les coûts initiaux engagés lors de l'acquisition et de la mise en place d'un actif. Une évaluation appropriée de ces coûts est essentielle pour éviter de sous-estimer l'investissement initial requis.

II.2.2. Évaluation des coûts d'exploitation

L'évaluation des coûts d'exploitation est un autre composant critique, englobant les frais de services publics, les coûts de personnel et de main-d'œuvre, ainsi que les consommables et fournitures. Ces coûts récurrents peuvent avoir un impact significatif sur le coût total de possession et doivent être soigneusement gérés pour garantir l'efficacité financière.

II.2.3. Coûts de maintenance et de réparation

La maintenance régulière, les réparations imprévues et la gestion des pièces de rechange font partie des coûts de maintenance et de réparation. Ces coûts sont souvent négligés mais peuvent s'accumuler au fil du temps, affectant la rentabilité et la longévité de l'actif.

II.2.4. Considération des coûts de fin de vie

Enfin, la considération des coûts de fin de vie inclut les frais d'élimination, la valeur de récupération et les coûts de désaffectation. La planification de ces coûts garantit que la phase de retrait de l'actif est gérée efficacement, minimisant les pertes financières.

III. Applications pratiques

L'ACCV est largement utilisée dans divers secteurs, y compris la construction, la fabrication et l'informatique, pour optimiser la gestion des coûts et améliorer la prise de décision. En comprenant l'ensemble des coûts, les organisations peuvent améliorer leurs stratégies financières et réaliser des économies à long terme.

IV. Applications dans le Bâtiment

La norme DIN 276 régleme nte le calcul des coûts de la construction de la viabilisation du terrain jusqu'à l'équipement. Ensuite les groupes de coûts « 300 - construction de l'ouvrage » et « 400 -installations technique de l'ouvrage » sont étudiés. Ces éléments permettent une étude des coûts tout au long du cycle de vie, de la planification jusqu'au démantèlement.

La norme ISO 15686-5 fournit, elle, des lignes directrices concernant l'analyse du coût global des bâtiments, constructions et de leurs composants.

Les coûts d'un bâtiment sont consentis à différents moments de son existence : investissement, exploitation, fin de vie... Ils sont assumés par différents acteurs (investisseur, usager, collectivité...) et sont de différentes natures (coûts de construction, environnementaux, sociaux,...). L'analyse du coût sur le cycle de vie est un outil d'aide à la décision qui permet de tenir compte de ces paramètres.

L'analyse du coût sur le cycle de vie peut revêtir différentes formes/notions :

- La notion de coût global direct, plutôt utilisée dans les projets industriels mais trop peu souvent dans les projets de bâtiments résidentiels et tertiaires, va au-delà d'un estimatif traditionnel qui se limite aux seuls coûts de construction (coût global). Elle permet de prendre en compte les coûts alloués à la vie du bâtiment après sa construction (exploitation, maintenance,...) qui ne sont pas négligeables et peuvent représenter de l'ordre de 75 % du coût global.
- D'autres notions sont aussi introduites dans ce dispositif, comme le coût global élargi prenant en compte des coûts indirects (tels que les coûts associés aux aspects environnementaux et sociaux) et le coût global partagé dont le principe est de répartir les coûts sur les différents acteurs du projet.

Ce dispositif tente de clarifier les différentes notions sur le sujet à partir de la norme ISO 15686-5 et donne accès aux hypothèses pouvant être utilisées dans les outils d'aide à la décision. Ces outils permettent de choisir le meilleur investissement parmi d'autres en tenant compte des différents paramètres évoqués précédemment, notamment ceux relatifs à la composante environnementale.

V. Types d'approches d'une ACCV

Il existe plusieurs approches pour mener une analyse du coût sur le cycle de vie. L'approche la plus courante est l'approche comparative : son but est de comparer plusieurs variantes par l'évaluation des coûts futurs de plusieurs projets d'investissement en concurrence. Autrement dit, la réalisation d'une ACCV ne sera utile que s'il est nécessaire de départager plusieurs solutions optionnelles qui s'opposent.

En fonction de l'objectif visé, l'approche sera soit quantitative lorsqu'il s'agira de chiffrer le projet pour permettre de justifier des choix, soit qualitative lorsqu'il sera plus important de prendre en compte les dimensions sociales, environnementales, sociétales d'un projet, qu'elles soient positives ou négatives.

On peut également distinguer l'approche microéconomique de l'approche macroéconomique. La première est une approche plus financière qui prend en compte les meilleures solutions pour le projet en tant que tel ainsi que ses futurs utilisateurs et vise la rentabilité des opérations. La deuxième est une approche plus économique qui prend en compte les meilleures solutions pour l'intérêt général en intégrant des dimensions non marchandes (valeur du carbone, valeur des systèmes naturels...).

VI. Types d'ACCV

Il existe plusieurs types d'analyses du coût sur le cycle de vie. Par gradation de complexité au vu de l'élargissement des critères analysés, on retrouve progressivement :

VI.1. Coût global direct

Le coût global direct ('life-cycle cost' en anglais) est une analyse de base visant à déterminer l'ensemble des coûts d'investissements et des coûts futurs d'un projet sur le long terme, du 'berceau à la tombe'. De manière générale, le coût global direct reprend les coûts de conception, de construction, d'entretien-maintenance et de déconstruction.

Le coût global direct est la somme de deux contributions : **le coût initial et le coût différé** :

$$\text{Coût global direct} = \text{coût initial} + \text{coût différés}$$

VI.2. Coût global élargi

Le coût global élargi ou coût global étendu (ou encore 'whole life-cycle cost' en anglais) correspond à une analyse en coût global direct qui intègre les éléments supplémentaires suivants :

- **la valeur arbitrée**, qui correspond à des coûts ou bénéfices indirects pouvant impacter les personnes directement liées au projet (occupants, maître d'ouvrage,...) ;
- **les choix architecturaux** qui influent sur la qualité de vie pour les usagers. Il s'agit ici de prendre en compte la satisfaction des usagers vis-à-vis du confort (thermique, acoustique, visuel,...), du montant des charges, de l'appropriation des espaces privés et collectifs, des conditions d'exploitation du bâtiment... ;

- **l'intégration dans le quartier** : mixité sociale, accès et qualité des transports en commun, mixité des fonctions et services;
- **L'impact de la gestion du projet** : stratégie de partenariat ayant abouti à un projet novateur enrichissant pour tous les intervenants du projet, amélioration des conditions de travail et de sécurité durant le chantier, prévention des nuisances pour les riverains, éducation à l'environnement;
- **L'impact financier ou fiscal d'un projet** : effet d'échelle par regroupement de bâtiments (au lieu de les séparer), plus-value potentielle lors de la revente, prise en compte des avantages fiscaux;
- **Les externalités**: qui sont des contraintes (externalités négatives) ou des avantages (externalités positives) revenant à des tiers (voisinage, citoyens, générations futures.) dont les coûts et avantages ne sont pas supportés financièrement par le maître d'ouvrage, mais peuvent cependant être intégrés dans l'analyse en coût global élargi. Pour ce faire, les externalités seront distinguées selon 3 types :
 - Externalités disposant de valeurs de référence : existence de nombreuses contributions scientifiques dans les domaines relatifs aux émissions de gaz à effet de serre et à la préservation de la biodiversité. Pour cette dernière les émissions en CO₂ pourront être monétisées en valorisant la tonne de carbone suivant des études sur l'évolution des prix du marché;
 - Externalités ne disposant pas de valeurs de référence, mais de méthodes de mesure reconnues : existence de méthodes d'analyse des nuisances sonores et des pollutions induites par une construction sur l'environnement humain, naturel ou bâti ;
 - Externalités encore très exploratoires et mesurables au cas par cas : entre autres, l'impact de la localisation d'un projet sur les besoins de transport, l'image du bâtiment, les emplois induits, les impacts sur la communauté.

Le coût global élargi est donc la somme de trois contributions :

$$\text{Coût global élargi} = \text{coût global direct} + \text{valeur arbitrée} + \text{externalités}$$

VI.3. Coût global partagé

Le coût global partagé est une analyse en coût global (direct ou élargi) consistant à répartir les coûts et les bénéfices d'un projet entre les différents acteurs concernés :

- le maître d'ouvrage;

- le maître d'œuvre;
- le maître d'usage (occupant, locataire, usager);
- les partenaires financiers;
- les collectivités, l'État;
- la société civile.

VII. Notions

Les différentes notions et formules associées, présentées dans cette section interviennent dans le calcul du coût global direct, élargi et partagé d'un projet. Elles sont basées sur la **norme** ISO 15686-5.

VII.1. Valeur actualisée P

Ce paramètre permet d'actualiser la valeur des coûts ou bénéfiques correspondant à des dates différentes dans le temps, en calculant leur valeur P pour une date donnée ($t = 0$), à l'aide d'un taux d'actualisation a.

VII.2. Taux d'actualisation

Le taux d'inflation, a, est utilisé pour ramener une valeur future (en $t = N$) à sa valeur présente ou actualisée, P (en $t = 0$).

VII.3. Valeur actualisée nette VAN

Ce paramètre permet de calculer la rentabilité d'un projet, sur le nombre de périodes de temps N.

VII.4. Coût global

Le coût global se définit comme la valeur opposée de la VAN.

VII.5. Rentabilité financière TRI ou Taux de Rendement de l'Investissement

Le paramètre TRI représente le taux de rendement de l'investissement. Autrement dit, la valeur TRI est le taux d'intérêt r qui annule la valeur actualisée nette VAN du projet.

VII.6. Temps de retour TR

Ce paramètre TR représente le nombre d'années nécessaire pour que les investissements initiaux soient remboursés par les recettes moyennes nettes annuelles.

VII.7. Temps de retour actualisé TRA

Le paramètre TRA représente le nombre d'années nécessaires afin que la valeur actualisée du projet soit au moins égale aux investissements initiaux.

VIII. Étapes clés pour le calcul

- Identifier le cycle de vie : Définir les phases du cycle de vie du produit ou service, de la conception à la mise au rebut.
- Identifier les coûts : Lister tous les coûts associés à chaque étape, qu'ils soient internes (assumés par l'entreprise) ou externes (assumés par le client ou la société).
- Analyser les coûts : Tenir compte de différents paramètres tels que l'inflation, le taux d'actualisation, les fréquences d'entretien et la durée de vie du produit pour obtenir une vision globale.
- Interpréter les résultats : Utiliser les résultats pour comparer différentes solutions ou pour identifier des axes d'amélioration (par exemple, réduire la consommation d'énergie).

IX. Exemples d'application

IX.1. Construction et infrastructures

Évaluer le coût total d'une chaussée, en incluant la maintenance et la réhabilitation futures, par rapport à d'autres alternatives de construction.

IX.2. Achat d'équipement

Analyser les coûts d'une imprimante au-delà de son prix d'achat, en incluant les coûts liés aux cartouches d'encre et au recyclage.

IX.3. Éco-conception

Aider des entreprises comme Apple ou Nestlé à réduire leur impact environnemental en analysant les coûts liés à l'allègement des emballages ou au recyclage de composants.

IX.4. Transport

Comparer les véhicules électriques et les voitures traditionnelles en considérant les coûts de production, de consommation et d'énergie de recharge sur l'ensemble de leur cycle de vie.

X. Avantages et inconvénients d'une ACCV

La réalisation d'une ACCV est particulièrement pertinente, car elle :

- Répond à l'intérêt des utilisateurs finaux et des collectivités en termes de coûts de fonctionnement ;
- Permet de sélectionner des équipements performants dans le temps, dont l'entretien et la maintenance sont réduits ;

- Constitue un outil d'aide à la décision pour le futur utilisateur (particulier ou public) ;
- Participe à la préservation de l'intérêt général, en favorisant notamment des solutions moins

La réalisation d'une ACCV peut présenter les inconvénients suivants. En effet, elle n'est pas toujours facile à aborder de par sa complexité et la méconnaissance de ses méthodes :

- Requiert beaucoup d'informations dès le début du projet qui doivent être fixées de manière correcte et faire l'objet d'un consensus entre les différents intervenants du projet ;
- Utilise des paramètres d'étude pouvant varier, ce qui peut fausser l'étude. Il s'agira donc de prendre des hypothèses conservatives sans pour autant pénaliser trop l'étude ;
- Nécessite de développer un outil spécifique au projet par un expert en la matière (il n'existe pas réellement d'outil clef en main), ce qui représente un certain coût.

XI. Conclusion

En conclusion, l'analyse des coûts du cycle de vie est un outil inestimable pour une gestion complète des coûts. En utilisant la carte conceptuelle, les analystes financiers et les chefs de projet peuvent acquérir une compréhension plus approfondie des dynamiques de coût impliquées, conduisant à des décisions financières plus éclairées et stratégiques.

L'analyse des coûts du cycle de vie peut être combinée avec l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) environnementale pour prendre en compte à la fois les impacts économiques et écologiques (éco-conception).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

La notion de développement durable recouvre les trois aspects fondamentaux du développement et de la qualité de vie de nos sociétés : le développement économique, la protection de l'environnement et le développement social et humain. Le jeu entre ces trois composantes engendre les trois propriétés du développement durable : équitabilité, viabilité, vivabilité.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode exhaustive qui permet de quantifier et d'évaluer les impacts environnementaux, sociaux et économiques d'un produit ou d'un service. L'ACV est un outil normalisé (ISO 14040 et 14044) qui prend en compte toutes les étapes du cycle de vie d'un produit ou d'un service, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie.

L'ACV permet non seulement de comparer les impacts potentiels de différents systèmes, mais aussi de prévenir ceux liés aux activités humaines, en identifiant les axes d'amélioration d'un produit dans une logique d'éco conception.

Il existe trois grands types d'ACV :

- ACV environnementale (ACVE);
- ACV sociale (ACVS);
- ACCV Coût du cycle de vie.

Ces trois ACV combinées permettent une analyse complète de la durabilité sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit, contribuant ainsi aux objectifs du développement durable.

Ces dernières années, d'autres méthodes d'ACV ont été développées, comme l'analyse sociale du cycle de vie des organisations (ASCVO), qui « mesure les impacts sociaux au niveau de l'organisation afin d'évaluer la performance sociale de l'organisation ». Cette méthode vise notamment à orienter les décisions sur les aspects sociaux et socio-économiques, non seulement au niveau de l'entreprise, mais également dans le choix et le développement des fournisseurs.

L'analyse du cycle de vie organisationnelle (ACVO) est une autre méthode complémentaire. Elle utilise une approche de cycle de vie qui vise à identifier et quantifier les aspects environnementaux au sein et au-delà des frontières de l'organisation. Elle prend en compte tous les fournisseurs et autres partenaires de la chaîne de valeur associés à la fourniture du portefeuille de produits de l'organisation.

Historiquement, ces analyses étaient menées par des consultants qui fournissaient un rapport détaillé permettant de constater les impacts, et idéalement d'orienter les décisions futures. Cela donnait une image complète d'un produit ou plusieurs produits de l'entreprise à un moment donné, mais n'intégrait pas l'adaptation des évaluations en cas de changement de matériau, de fournisseur, de mode de transport ou d'autres variables.

Sapiologie a donc développé un outil collaboratif d'aide à la décision. Cet outil intègre l'ACV sociale, environnementale et économique, ainsi que d'autres méthodes liées au développement durable et stratégique. Il fournit une vision globale des impacts et des axes d'amélioration d'une entreprise/industrie, en impliquant toutes les parties prenantes (consultants, experts en ACV, chaînes d'approvisionnement, développeurs du logiciel). Il permet d'avoir une vision à long terme, de réaliser des études comparatives entre plusieurs produits ou services, et de simuler différents scénarios.

-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. Développement durable - Wikipédia, [https:// fr.wikipedia.org › wiki › Développement durable](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable).
2. L'économie circulaire. <https://www.bayonne.cci.fr/article/leconomie-circulaire>
3. Coût de Cycle de Vie - Carte Conceptuelle : Analyse des Coûts & Soutien à la Décision.
4. Guide de bâtiment durable, Analyse du coût sur le cycle de vie, <https://guidebatimentdurable.brussels/analyse-cout-cycle-vie>.
5. Analyse du coût du cycle de vie (ACVC), DEISO, <https://dei.so> › life-cycle-costing-analysis-lcca
6. Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie (ASCV) des produits, <https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2009%20-%20Guidelines%20for%20sLCA%20-%20FR.pdf>
7. **Chloé Fisher**. Les avantages de l'économie circulaire pour un avenir plus vert. Publié le 26 juin 2025. <https://www.rts.com/fr/blog/benefits-of-circular-economy>.
8. **Lignes directrices pour l'analyse sociale du cycle de vie des produits et des organisations**2020. https://www.lifecycleinitiative.org/wpcontent/uploads/2022/03/Guidelines_ASCV_FR_FINAL.pdf.
9. **LB Analyse Environnementale - Previsoft | Analyse environnementale : Rappel de la méthode et perspective cycle de vie**. <https://www.scribd.com/document/846012932/LB-ANALYSE-ENVIRONNEMENTALE-PREVISOFT>. FEVRIER 2023.
10. **7 questions pour comprendre l'Analyse Cycle de Vie (ACV)**. incub'ethic. <https://www.incubethic.fr> › Actualités.
11. **Catherine Benoit-Norris, Deana Aulisio Cavan, Gregory Norris**. Identifying Social Impacts in Product Supply Chains: Overview and Application of the Social Hotspot Database. Sustainability 2012, 4(9), 1946-1965; <https://doi.org/10.3390/su4091946>.
12. **Ameur Mohamed**. Étude du comportement thermique par modélisation de béton de plâtre renforcé de fibres végétales du palmier dattier. Mémoire de Magister. Université de Laghouat 2017. P.96.

ANNEXES

Questions de cours

Questions 1

Qu'est-ce qu'une ACV ?

Réponse 1

L'ACV mesure l'impact environnemental d'un produit (un bien, un service voire un procédé) à chaque étape de son cycle de vie. Les 5 phases principales de cycle de vie sont illustrées ci-dessous :

1. Extraction de matières premières et approvisionnement;
2. Fabrication et transformation;
3. Le transport (circulation, distribution, commercialisation..);
4. Utilisation et entretien;
5. Fin de vie (collecte, traitement des déchets, recyclage...)

Questions 2

À quoi sert une ACV ?

Réponse 2

Par exemple, la R&D peut utiliser une ACV pour comparer deux matériaux différents et comment ces différents matériaux influent sur la consommation énergétique du produit final.

Plus généralement, l'ACV permet de répondre aux besoins suivants :

- **R&D** : développer des produits plus durables (démarche d'écoconception) ;
- **Approvisionnement** : trouver de fournisseurs à plus faible impact environnemental;
- **Client** : répondre à la demande des clients en matière de responsabilité environnement –ale ;
- **Direction de l'entreprise** : intégrer la durabilité dans les prises de décisions et les stratégies de développement de l'entreprise.

Questions 3

Quelles normes pour ACV ?

Réponse 3

L'ACV est cadrée par les normes suivantes :

- ISO 14040 : définit les principes et le cadre d'une analyse du cycle de vie et détaille le contenu des différentes étapes ;
- ISO 14044 : aborde plusieurs éléments existants déjà dans la norme ISO 14040. Elle traite en plus la relation entre les phases de l'ACV et les conditions d'utilisation des choix de valeur et des éléments facultatifs.

Questions 4

Quelles sont les étapes d'une ACV ?

Réponse 4

Une ACV se compose de 4 phases :

1. Définition des objectifs et du champ de l'étude :

Il s'agit de définir ce que nous voulons analyser, comment nous voulons l'analyser et jusqu'où nous voulons aller avec notre analyse.

Il faut, dans cette étape :

- Définir les objectifs de l'étude ainsi que le but final;
- Décrire le produit étudié et sa fonction;
- Définir l'unité fonctionnelle du produit étudié (une quantification de la fonction);
- Définir le flux de référence (quantité de produit nécessaire pour remplir la fonction);
- Définir les frontières du système étudié.

2. Inventaire de cycle de vie (ICV) :

Sera examiné dans cette phase les intrants et les extrants de l'ensemble des processus pour chacune des phases du cycle de vie d'un produit selon les frontières choisies. Il s'agit essentiellement de la phase de collecte de données de l'ACV.

Les différents types d'intrants/extrants peuvent être classés selon :

- Intrants énergétiques, intrants de matières premières, intrants auxiliaires, autres intrants physiques;
- Produits, coproduits et déchets;
- Émissions dans l'air, l'eau et le sol.

Il faut également avoir en tête la différence entre un flux élémentaire et un flux intermédiaire selon les frontières du système étudié :

- Un flux élémentaire est un flux de matière ou énergie entrant ou sortant du système étudié (puisé ou rejeté dans l'environnement).
- Un flux intermédiaire est un flux de matière ou énergie échangé par les différents processus du système étudié.

À partir de la cartographie des flux de l'ensemble des processus, les bases de données à disposition dans le logiciel ACV utilisé permettent de modéliser le système étudié. Ces bases de données intègrent :

- Des inventaires intrants/extrants de processus industriels, services, etc.
- Des inventaires de flux élémentaires.
- Des inventaires de flux intermédiaires.

3. Évaluation des impacts environnementaux (ACVI)

Il s'agit d'évaluer l'importance des impacts en se basant sur les flux d'inventaire du cycle de vie de la phase 2.

L'évaluation des impacts est classée dans 2 méthodes : évaluation midpoint (approche problèmes) et évaluation end point (approche dommages).

- **Mi point** : caractérisent les flux en indicateurs d'impacts « orientés-problèmes ». Ils quantifient les effets globaux d'une substance émise ou consommée, dans une catégorie d'impact donnée (par exemple « effet de serre »).
- **End point** : caractérisent les flux en indicateurs d'impacts « orientés-dommages ». La modélisation se poursuit jusqu'au bout de la chaîne cause-effet. Ils quantifient les dommages potentiellement causés à un domaine de protection par l'intermédiaire d'une catégorie d'impact (par exemple « santé humaine »). Cette évaluation induit plus d'incertitudes.

4. Interprétation des résultats du cycle de vie :

Lors de cette dernière étape, les résultats en valeurs d'impacts seront interprétés suivant les objectifs définis. Ceci amènera à identifier des pistes d'amélioration en termes d'impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie du produit. Il est également possible de comparer par type d'impact différents scénarios dans cette étape.

Questions 5

Quels sont les avantages d'une ACV ?

Réponse 5

L'ADEME recense par exemple les avantages suivants :

- l'ACV permet la prise en compte des transferts d'impacts, entre différents enjeux environnementaux ou étapes du cycle de vie.
- L'ACV peut être appliquée pour un large éventail d'objectifs.
- L'ACV peut être appliquée à différents stades de la conception d'un produit (bien, service ou procédé) : innovation, avant-projet, avant-projet détaillé, produit existant, produit en fin de vie.

- L'ACV permet de comparer deux systèmes qui ont des impacts environnementaux de nature différente (à partir du moment qu'ils ont la même fonction et unité fonctionnelle...).
- L'ACV est transparente : le rapport d'étude impose d'écrire toutes les hypothèses et données utilisées.

Questions 6

Quels outils pour la réalisation d'une ACV ?

Réponse 6

Il existe des logiciels dédiés à l'ACV. Ils s'appuient sur des bases de données spécifiques qui permettent de définir les flux et donc de réaliser l'inventaire :

- Nous citerons les principaux logiciels ACV suivants : GaBi, SimaPro, OpenLCA, Ecodesign Studio.
- Concernant les bases de données, les principales sont : Agribalyse, Agri-footprint, Base Impacts, Ecoinvent, ELCD, Exiobase, FD E01-008, GaBi, Needs.