

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE (FABI)

BP 2940 Bujumbura

Cours : IMPACTS ECOLOGIQUES DES INDUSTRIES AGRO-ALIMENTAIRES



Dr Ir Ngendakumana Serge (PhD)

Mai 2024

« Dans la vie, ne devient homme véritable que celui qui a la volonté de dépasser ses incapacités et qui prend la décision de s'adapter par apprentissage graduel ».

Serge Ngendakumana

Table des matières

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	5
LISTE DES FIGURES.....	6
OBJECTIFS DU MODULE	7
ARTICULATION DU MODULE.....	7
CHAPITRE I: INTERDEPENDANCES DES RISQUES ECOLOGIQUES	8
1.1. Introduction	8
1.2. Effets globaux.....	9
1.3. Réchauffement global – effet de serre.....	9
1.4. Réduction de la couche d’ozone	10
1.5. Biodiversité.....	11
1.6. Prospective d’apocalypse et changement climatique.....	12
<i>CHAPITRE II : GRANDS CONCEPTS DE L’ECOLOGIE ENVIRONNEMENTALE ET INDUSTRIELLE.....</i>	<i>15</i>
II.1. Concepts et contexte	15
II.2. Ecologie industrielle et métabolisme industriel	17
II.3. Ecologie industrielle, thermodynamique et programme bioéconomique	20
<i>CHAPITRE III : ANALYSE DES ENJEUX ECOLOGIQUES VIS-A-VIS LES IAAS</i>	<i>23</i>
III.1. Introduction	23
III.2. Généralités sur l’analyse et de l’évaluation des risques écologiques	24
III.3. Processus global d’appréciation sur l’analyse et de l’évaluation des risques	25
III.4. Enjeux écologiques des industries Agroalimentaires	28
III.4.1. Typologie des risques environnementaux	29
III.4.2. Le système de management environnemental (SME).....	29
III.4.3. Les déchets et les rejets.....	30
III.4.4. La responsabilité de l’entreprise	31
III.4.5. La gestion de la consommation d’énergie	32
III.5. Leçons apprises de l’écologie industrielle	33
<i>CHAPITRE IV: LES IMPACTS DES IAA ET LA PROBLEMTAIQUE DES EMBALLAGES.....</i>	<i>37</i>
IV.1. Importance du secteur agro industriel.....	37
IV.2. Aperçu Des Impacts Ecologiques Des IAA	37
IV.2.1. Déforestation.....	37
IV.2.2. Pollution	38
IV.2.3. Déchets issus des emballages agro-industriels.....	40

IV.2.4. Gaspillage	41
IV.3. Problématique de l’emballage : Impacts globaux des déchets industriels	41
IV.3.1. Problématique	41
IV.3.2. Savoir comment bien choisir son emballage agroalimentaire?	43
III.3.3. Les impacts globaux (écologiques et sociaux) des déchets industriels	45
III.3.4. Perspectives des IAA : Quelques nouvelles initiatives émergentes	47
CHAPITRE V : METHODES PRATIQUES D’EVALUATION DES IMPACTS ECOLOGIQUES ET SOCIAUX DES IAA.	50
V.1. Introduction	50
V.2. Définitions de quelques éléments clés dans l’évaluation des impacts écologiques	50
V.3. Evaluation des impacts écologiques des industries agro-alimentaires	51
V.3.1. Généralités sur le processus d’Evaluation des impacts	51
V.3.2. L’évaluation environnementale dans le concret ?	53
V.3.3. Qu’est ce que l’évaluation des impacts environnementaux et Sociaux (EIES) ?	54
V.3.4. Processus d’évaluation d’impacts environnementaux (ou écologiques)	58
V.3.5. Outils et méthodes d’EIES	81
V.3.6. Contenu ou table des matières d’un document d’EIE	83
V.3.7. Principes d’EIES : Conséquences et mesures clés	85
CHAPITRE VI: ETUDES PRATIQUES DE QUELQUES CAS D’IMPACTS ECOLOGIQUES	90
VI.1. Guide d’Etude de Cas	90
VI.2 Etudes de cas phares des IAA au Burundi	90
VI.3. Cas de fonctionnement d’un écosystème industriel	91
VI. 4. Etudes de cas en travaux de groupes	97
CONCLUSION GENERALE	97
REFERENCE DOCUMENTAIRE	99

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

- IAA: Industrie Agro Alimentaire
- IES: Impact Ecologique (Environnemental) et Social
- SSE : Sous Système Economique
- GES : Gaz à Effet de Serre
- UE : Union Européenne
- OCDE : Organisation pour la coopération et le développement économique
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- IUCN : International Union for Conservation of Nature
- CFC.: ChloroFluoroCarbones
- PNUE : Programme de Nations Unies pour l'Environnement
- GIEC : Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat
- FMI: Fond Monétaire International
- CNUCED: Cadre des Nations Unies pour le Commerce et les Echanges pour le Développement

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Processus global d'appréciation et de traitement des risques.....	26
Figure 2 Cycle de vie d'une IAA et maillons d'impacts écologiques potentiels	28
Figure 3 Quelques gaz rejetés par les IAA et les autres sources de gaz à effet de serre.....	31
Figure 4. Une photo de bûches empilées avec de la verdure en arrière-plan	38
Figure 5. Pollution de l'eau avec des sacs en plastique dans la rivière	40
Figure 6. Écologie, zéro déchet et concept de recyclage	41
Figure 7. Decharge d'ommondis issus des IAAs	45
Figure 8 : L'EIE dans le cycle de vie d'un projet (source : adaptée du PNUE, 1988)	56
Figure 9 : Approche par pallier pour l'évaluation des différentes options de projet	61
Figure 10 Ecosystème industriel type et ses avantages écologiques	91
Figure 11 Intrants et matériels nécessaires à la culture du TCR de saules	93
Figure 12 de la culture de saules à la production de l'énergie	94
Figure 13 Schéma de traitement des effluents issus d'une Industrie agro-alimentaire	96

OBJECTIFS DU MODULE

Ce cours d'Impact écologiques des Industries Agro-Alimentaires fait partie du programme de Bachelier en STA niveau III. Les principaux objectifs sont d'apprendre aux étudiants comment:

- Minimiser la consommation de l'énergie dans les IAA
- Analyser les risques écologiques et la problématique des emballages;
- Avoir une vision systémique des méthodes d'évaluation des IES des IAA dans le contexte du développement durable.

ARTICULATION DU MODULE

Le cours s'articule sur (i) les grands Concepts de l'écologie industrielle et les enjeux écologiques des industries, **ii)** l'analyse des risques environnementaux et écologiques causées par les IAA ainsi que **iv)** la problématique des emballages avant de culminer sur quelques méthodes pratiques d'Evaluation des Impacts Ecologiques et Sociales des IAA.

CHAPITRE I: INTERDEPENDANCES DES RISQUES ECOLOGIQUES

1.1. Introduction

Le premier facteur qui semble avoir porté l'existence d'une « interdépendance des risques » à la conscience de l'opinion publique mondiale a certainement été celui de l'environnement et de l'Écologie. La pollution, la réduction de la biodiversité, la déforestation, le rythme des catastrophes, le dérèglement du cycle de l'eau, l'apparition de nouveaux types de maladies et l'effet de serre sont ainsi devenus les symboles de l'universalisation des risques.

Selon **Matthew Paterson** (2002), les risques liés à l'environnement ont surtout pris une particulière importance parce qu'ils n'ont pas eu de vrai coupable. Si une grande partie des risques mondiaux (terrorisme international, conflits civils, emploi d'armes de destruction de masse, etc.) peuvent en effet être ramenés à l'action de groupes relativement restreints de personnes (tels que gouvernements, organisations criminelles ou leaders politiques) ceux liés à l'environnement sont rarement – sinon idéologiquement – imputables à quelqu'un en particulier. Les changements climatiques ou le trou de l'ozone sont des problèmes découlant des styles de vie de centaines de millions de personnes, des modèles de développement dominants, du comportement des entreprises, de l'emploi de technologies et d'outils auxquels, ceux qui les possèdent déjà ou ceux qui ne peuvent se les permettre, ne peuvent pas renoncer. C'est pourquoi ils font plus peur et frappent plus fortement l'opinion publique et qu'il est plus difficile de s'y opposer : parce qu'ils mettent en cause la vie de tout un chacun et n'ont pas besoin de réseaux artificiels (technologiques, de communication et d'organisation) pour donner forme à des mécanismes d'interdépendance: c'est la nature qui se charge de le faire elle-même.

Un deuxième caractère des risques liés à l'environnement qui les rend différents des autres risques mondiaux est représenté par le fait qu'ils représentent un espace temporel spécifique au sein duquel ils doivent être affrontés et résolus. Selon quelques auteurs, par exemple, si l'on ne change rien à court terme dans les pratiques industrielles, la présence de dioxyde de carbone deviendra à partir de 2050 dangereuse pour la vie sur la planète, tandis que l'on prévoit dans les cent ans à venir un réchauffement de la terre de trois degrés centigrades avec des conséquences irréversibles pour une partie considérable de la population mondiale. L'idée même de « développement durable » se

fonde sur cette perception de la **limite physique et temporelle** au sein de laquelle doit se limiter le développement mondial.

1.2. Effets globaux

Aussi, les observations de certains phénomènes, dont les retentissements sont planétaires, ont contribué à faire émerger des considérations sur les *changements globaux*. Des phénomènes comme l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone, les précipitations acides, la destruction des forêts, l'érosion des sols, la désertification et la pollution des eaux et de l'air montrent que les impacts anthropiques ont acquis, ces dernières années, une dimension globale, avec des effets globaux qui implique une appréhension planétaire des problèmes.

Cette mondialisation des problèmes va de pair avec la multiplication des problématiques. Dans cette perspective, la terre est considérée comme un *système complexe et global*, caractérisé par sa topographie, ses dimensions et son étendue ; ses sols, ses minéraux, les eaux qu'il renferme et les communautés biologiques - végétaux, animaux et micro-organismes les plus divers - qu'il héberge.

Divers problèmes environnementaux témoignent de l'atteinte ou du dépassement des limites du Sous Système Economique (SSE), tant en ce qui concerne les ressources que les déchets. Les traces de la présence humaine sont observables dans les endroits les plus reculés de la terre. On ne peut analyser un seul échantillon d'eau des océans sans y trouver les traces de quelque 20 milliards de tonnes de déchets que les hommes y rejettent chaque année. Des PCB et autres substances chimiques persistantes, comme le DDT et les métaux lourds (Pb, Hg, Cd, p.ex.) ont pénétré dans les chaînes trophiques de l'écosystème marin. Un cinquième de la population du globe respire de l'air qui ne rencontre pas les normes de l'OMS.

1.3. Réchauffement global – effet de serre

La température moyenne de la Terre résulte de l'équilibre entre le rayonnement du soleil et les rayons infrarouges renvoyés vers l'espace. Les gaz à effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère retiennent ceux-ci, réchauffant ainsi la surface de la Terre et la partie basse de l'atmosphère. C'est bien ceci l'augmentation de la température de la planète qu'on appelle effet de serre. Sans eux, il ferait en moyenne – 18°C et la planète bleue serait inhabitable. Grâce à eux, elle jouit d'une température moyenne de 15°C. Les responsables de l'effet de serre sont le gaz

carbonique (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (N₂O), l'ozone troposphérique (O₃), les chlorofluorocarbones (CFC), le bromure de méthyle, une substance nocive à l'ozone, utilisée comme pesticide (voir protocole de Montréal 14/11/2003) et leurs substituts. Ces gaz sont très peu abondants dans la nature. Mais l'activité humaine, notamment la Révolution industrielle, a sensiblement modifié la situation. La concentration dans l'atmosphère du principal GES, le gaz carbonique, a augmenté de 30 % depuis 1750. Aujourd'hui, l'effet combiné de tous les GES équivaut à une augmentation de 50 % du gaz carbonique depuis cette date. Chaque américain émet en moyenne 20 tonnes de CO₂ par an, contre 8 t pour un européen, 2,5 t pour un Chinois, 1 t pour un Indien, et moins de 0,5 t pour un paysan d'Afrique centrale.

L'échelle à laquelle l'économie fait aujourd'hui appel aux combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) semble être la cause principale de l'accumulation de gaz à effet de serre. A l'heure actuelle, 5,3 milliards de personnes brûlent annuellement au moins l'équivalent d'une tonne de charbon, chacun, et, contribuent à l'augmentation du CO₂. C'est près de 7 milliards de tonnes de carbone qui sont émises dans l'atmosphère, chaque année, à la suite des activités humaines (combustion de combustibles fossiles et déforestation).

Viennent ensuite d'autres polluants gazeux qui dépassent la capacité d'absorption de la biosphère : méthane, CFC, oxyde nitreux etc.

Une autre source majeure d'émission de CO₂ réside dans la déforestation, souvent accompagnée de la combustion de résidus ligneux (exemple des feux de brousse).

1.4. Réduction de la couche d'ozone

Il n'y a pas de meilleur exemple que les trous dans la couche d'ozone pour démontrer que les activités des hommes ont déjà endommagé la capacité de charge (ou capacité sustentatrice) de la biosphère pour la vie. De nombreux tests ont révélé que l'amincissement de la couche d'ozone se produisait plus rapidement que ne l'avaient laissé prévoir les modèles.

Les millions de tonnes de CFC émis annuellement dans la biosphère prennent environ dix ans pour atteindre la couche d'ozone où elles détruisent ce gaz (avec une demi-vie de 100 à 150 ans). Les dommages que l'on observe actuellement à la couche d'ozone ne rendent compte que des effets produits par les niveaux relativement bas de CFC qui caractérisaient le début des années 1980. Si l'on cessait toutes les émissions de CFC aujourd'hui, le monde serait encore aux prises, pendant

dix ans, avec une augmentation des dommages. Ensuite, graduellement, au cours de 100 à 150 ans, on retrouverait le niveau qui précède des dommages.

1.5. Biodiversité

Par suite de l'énorme développement de l'économie et de l'empiétement sur les milieux naturels, de nombreuses espèces ont dès à présent disparu. La vitesse actuelle de disparition des habitants et des espèces qui leur sont inféodées dépasse tout ce qui est connu dans l'histoire. L'habitat planétaire le plus riche, la forêt tropicale, a été détruite à 55 % ; sa vitesse de destruction est de 168.000 km²/an, suivant Goodland. Le nombre total des espèces est inconnu (de 5 à 30 millions ou plus). Même s'il est impossible de connaître avec précision leur vitesse de disparition, certains avancent des chiffres modestes de plus de 5.000 espèces - faisant partie de notre héritage génétique - qui disparaissent chaque année ; mais d'autres, -moins conservateurs, vont jusqu'à mentionner des pertes de 150.000 espèces par an. Ainsi, 12 % des espèces d'oiseau à travers le monde (UICN 2008) seraient menacées d'extinction, de même que 32 % des amphibiens et 42 % des tortues. Le même rapport de l'UICN publié en août 2008 à l'occasion du 22^{ème} congrès de primatologie tenu à Edimbourg, en Ecosse montre que près de la moitié des 634 espèces de primates sont proches de l'extinction. C'est en Asie surtout (Thaïlande, Indonésie) que la menace serait la plus grave, en raison de la disparition accélérée du couvert végétal.

Si le changement climatique est devenu une réalité incontestable, tel n'est pas le cas en effet des autres dangers qui menacent la faune et la flore. Il est établi que le CO₂ et autres fluides nocifs émis par les industries lourdes et les moteurs à essence ont endommagé la couche d'ozone qui protège la terre des rayons solaires. Les scientifiques en ont apporté la preuve, et les décideurs politiques se sont résolus à réduire les quantités de gaz émises par les pays respectifs. De nouvelles normes ont été fixées, et un mécanisme international mis en place afin de pénaliser les pollueurs en cas d'infraction.

Un tel mécanisme n'existe pas encore pour lutter contre les atteintes à la diversité biologique (plantes, animaux, insectes, micro-organismes) et aux systèmes écologiques (bassins fluviaux et leurs habitats, zones de pêche, parcs naturels, etc.). Une centaine de conventions et de traités en ce sens ont bien été conclus depuis 1992, mais les actions concrètes se font attendre. Des tonnes de

documents scientifiques ont été produites par les chercheurs, mais l'opinion internationale n'a toujours pas pris conscience de l'ampleur des dangers. Pis, les autorités politiques se montrent incapables de prendre des décisions « globales » comme elles l'avaient fait en faveur du changement climatique. Il n'existe pas de « pont » entre les scientifiques et les politiques.

C'est pour remédier à cette carence que le Directeur exécutif du PNUE, l'allemand Achim Steiner a obtenu le feu vert, à Putrajaya (nouvelle capitale du pays) en Malaisie, en novembre 2008, pour élaborer l'esquisse d'une « plate-forme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services rendus par les écosystèmes » IPBES en anglais) et de réunir dans cette perspective des représentants des 192 pays membres des nations unies. Auparavant, le PNUE devra soumettre à son conseil d'administration qui se réunira en février 2009, l'ossature d' « une institution qui favorisera l'émergence d'une économie verte, une sorte de New Deal entre l'homme et la nature ».

1.6. Prospective d'apocalypse et changement climatique

A la demande des Nations Unies, plusieurs centaines de chercheurs regroupés au sein du groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ont réfléchi au phénomène et publié un rapport, « changement climatique 2001: impact, adaptation et vulnérabilité », dans lequel ils affirment que le réchauffement va s'accroître, en grande partie à cause de l'homme, du fait d'une utilisation trop intensive de carburant, de la pollution industrielle et de la déforestation organisée.

D'après le rapport du GIEC, la température pourrait monter de 1,4°C à 5,8°C d'ici à 2100. Cela semble insignifiant, mais jamais le globe terrestre n'avait subi un réchauffement aussi rapide. Il en résulterait une fonte des glaces des pôles, provoquant l'engloutissement sous les eaux de certaines îles et régions côtières (le niveau de la mer s'élèverait de 15 cm à 95 cm), disparition de nombreuses espèces animales et végétales, désertification de zones cultivables et diminution de la production céréalière dans des régions actuellement très riches. Sans parler des épouvantables conséquences sanitaires.

Le GIEC souligne que si toute la planète a du souci à se faire, les pays les plus pauvres seraient les plus affectés, dans la mesure où ils dépendent essentiellement de l'agriculture et de la pêche et

qu'ils n'ont pas les moyens, financièrement, de s'adapter et d'éviter ce qui pourrait l'être. Le comble, c'est que le Nord, où sont concentrés les pays industriels les plus pollués, le réchauffement pourrait avoir parfois des effets bénéfiques dans certaines régions comme la Russie, une hausse de température de 03°C permettrait un accroissement de la production agricole de 45 %. Grâce aux hivers plus doux, on réaliserait même des économies d'énergie.

En Europe, on constaterait une modification des précipitations : elles seraient plus abondantes dans le Nord du continent et diminueraient dans le Sud, où la sécheresse serait plus marquée en Été, entraînant une raréfaction des ressources en eau. La productivité agricole augmenterait dans les régions septentrionales et baisserait dans les parties méridionales. L'élévation du niveau de la mer provoquerait l'inondation permanente des régions côtières les plus basses. En Amérique du Nord, les cyclones et les tempêtes seraient plus fréquents sur la côte Est, notamment en Floride.

Le réchauffement pourrait entraîner le déplacement de millions de personnes dans les régions tropicales, notamment au Bangladesh où, à terme, 10 % du pays seraient submergés par les eaux.

Mais la plus touchée serait l'Afrique. C'est d'autant plus injuste qu'elle a peu contribué à la détérioration du climat, du fait du faible volume de ses émissions de gaz. Si à eux seuls le Nigéria et l'Afrique du Sud produisent 90 % des gaz à effets de serre de l'Afrique, les 53 pays africains totalisent moins de 5 % des émissions mondiales. Quoiqu'il en soit, le continent est d'autant plus vulnérable que sa situation actuelle est déjà préoccupante. Un quart de l'Afrique est un désert aride, un tiers jouit d'un climat tropical et le reste est constitué de zones sèches et semi-arides. La population estimée à 800 millions, dont 50 % de pauvres – est rurale aux deux tiers et vit essentiellement d'une agriculture elle-même tributaire des pluies. La baisse des précipitations en Afrique subsaharienne pourrait ruiner l'équilibre hydraulique du continent. Les grands fleuves comme le Niger et le Sénégal, ainsi que le lac Tchad ont déjà perdu de 40 % à 60 % de leur niveau moyen normal. Le rapport publié par le programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) à l'occasion de la Conférence internationale sur le climat (Nairobi, 6-17 novembre 2006) révèle qu'en raison des changements climatiques en cours, 70 millions d'Africains sont menacés d'ici à 2080 par des inondations et que 30 % des infrastructures côtières risquent d'être submergées. Les rendements des cultures céréalières pourraient baisser de 5 %, alors que 206 millions de personnes souffrent déjà de sous-alimentation. L'irrigation des cultures provient à 95 % des eaux de pluie. Au total, 65 % des terres cultivées et des pâturages sont dégradés. Au Sahel,

les précipitations ont baissé de 25 % au cours des 30 dernières années. D'ici à 2025, environ 480 millions de personnes seront victimes de pénurie d'eau. Alors que les températures n'ont augmenté que de 0,7°C, en moyenne, au cours des 100 dernières années, l'augmentation devrait être comprise entre 2°C et 6°C au cours de ce siècle.

A cause du réchauffement climatique toujours, les habitants de Lagos, Banjul, Bissau et Nouakchott risquent de devoir, peut-être, déménager pour fuir la montée des eaux. Au rythme où vont les choses, ces villes pourraient complètement disparaître d'ici à la fin du XXI^e siècle. Selon le GIEC, le littoral africain « va changer totalement d'ici la fin de ce siècle car le niveau de la mer augmente le long de la côte à raison d'environ 2 cm par an ». Les quelques 10 à 15 millions d'habitants de Lagos et de sa banlieue seraient particulièrement touchés : la capitale économique du Nigeria n'est qu'à 5 m au-dessus du niveau de la mer.

CHAPITRE II : GRANDS CONCEPTS DE L'ÉCOLOGIE ENVIRONNEMENTALE ET INDUSTRIELLE

II.1. Concepts et contexte

La prise de conscience de la portée des problèmes écologiques de la planète a pris une dimension mondiale depuis la conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, organisée en 1972 à Stockholm. Les années qui ont suivi ont vu la naissance d'un mouvement écologique international, l'émergence de milliers d'organisations écologiques locales et la prolifération dans bien des pays à travers le monde de lois et de réglementations concernant l'environnement. La fin du XX^{ème} siècle a toutefois constitué le théâtre d'affrontements entre deux disciplines en complète opposition, l'économie et l'écologie (Vivien 1994).

Les économistes analysent l'évolution de la croissance (principalement le PIB) en s'appuyant sur des estimations de la consommation des ménages, de l'investissement des entreprises, du déficit public et des termes de l'échange (exportations, importations). Leur point de vue prédomine dans le monde de l'industrie et des finances, ainsi qu'au sein des gouvernements et des agences internationales de développement (Banque Mondiale, FMI, CNUCED...). L'écologie ne représenterait qu'une sous discipline mineure de l'économie (certains l'associent à l'économie des ressources naturelles et/ou l'économie de l'environnement) qui doit être intégrée dans les modèles (Diemer 2005). Les écologistes étudient quant à eux les rapports complexes et toujours changeants qui lient les organismes vivants à leur environnement. Cette vision, rappelle Nicholas Georgescu-Roegen (1977a, p. 13) procède de « *la biologie et de la thermodynamique* » mais est également influencée par d'autres disciplines telles que l'agronomie, l'hydrologie, la démographie... Pour l'écologiste, la croissance est limitée par les paramètres de la biosphère. L'économie ne serait qu'un secteur étroit de l'écosystème global. Les activités économiques croissantes de l'humanité ne pouvant être séparées des ressources et des systèmes naturels dont elles dépendent en dernier ressort, toute activité qui sape l'écosystème global ne pourrait se poursuivre indéfiniment.

- F.D Vivien (2005) parle de « développement soutenable ».

Longtemps séparées, les questions d'économie et d'écologie sont devenues inextricablement liées pour définir ce que l'on appelle aujourd'hui le développement durable. Cette expression est entrée dans le vocabulaire courant à la suite du rapport Brundtland (1987) — le développement durable correspond au « *développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* » — mais, pour beaucoup¹, le sens et l'apport du développement durable restent encore obscurs (Bourg 2002 ; Smouts et *al.* 2005). Deux courants de pensée sont généralement évoqués lorsqu'il s'agit de revenir sur les origines de ce concept (Dannequin, Diemer, Vivien 1999a). Le premier se range sous la bannière de l'écologie industrielle (Frosch, Gallopoulos 1989, Erkman 1998). Le second, plus difficile à cerner, puisqu'il n'apparaît pas en tant que tel, regroupe un certain nombre d'auteurs, comme Ivan Illich (1973, 1975) ou Nicholas Georgescu-Roegen (1978, 1993), que l'on range dans les rangs de l'écologie politique (Dannequin, Diemer, Vivien 1998).

L'objet de ce chapitre est de clarifier le concept de développement durable en l'examinant plus particulièrement sous l'angle de l'écologie industrielle. Les tenants de l'écologie industrielle (Ayres 1993, Frosch 1995, Erkman 1998) ont précisé que cette dernière se proposait de donner un contenu opérationnel à la notion de développement durable. Robert Frosch (1995, p. 148) associe l'écologie industrielle à « *l'ensemble des pratiques destinées à réduire la pollution industrielle* » et Suren Erkman (1998) a matérialisé cette idée par un sous-titre évocateur « *mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle* ». L'écologie industrielle peut être présentée comme une nouvelle pratique du management environnemental. Elle répond aux besoins des entreprises, qui sous la pression des lois, des règlements, des normes et de la concurrence, cherchent à intégrer l'environnement à leurs stratégies. L'écologie industrielle (Frosch, Gallopoulos 1989, Erkman 1998), l'ingénierie écologique ou l'écotechnologie recommandent ainsi aux industriels de procéder à un ensemble d'opérations de rationalisation de la production (optimisation des consommations énergétiques et matérielles, minimisation des déchets à la source, réutilisation des rejets pour servir de matières premières à d'autres processus de production). L'écosystème industriel deviendrait dès lors un véritable vecteur du développement durable.

iv) Le concept d'écologie industrielle repose sur trois principaux éléments. (1) C'est une vision globale, intégrée, de tous les composants du système industriel et de leurs relations avec la

Biosphère. Il s'agit de tirer parti des connaissances sur les mécanismes et le fonctionnement des écosystèmes afin de produire un savoir stratégique (Erkman 1997). Le triptyque (technologie, écologie, économie) apparaît sous la forme d'une quantification des aspects biophysiques (masse, énergie, information) des systèmes de production et de leur interaction avec les systèmes naturels (Koenig, Cantion 1999). (2) La totalité des flux et des stocks de matière, d'énergie et d'informations liés aux activités humaines, constitue le domaine d'études de l'écologie industrielle. Tilley (2003, p. 30) entrevoit l'émergence d'un « *eco-system information engineering* » capable de créer des systèmes de connaissances et des cycles d'informations susceptibles d'apporter une réponse au management des sociétés industrielles et de services. (3) La dynamique technologique s'avère être un facteur crucial pour favoriser la transition du système industriel actuel vers un système viable (Ausubel, Sladovich 1989), inspiré par le fonctionnement de l'écosystème biologique. Sur la base d'une étude comparée des fondements (métaphore, approche disciplinaire, position normative, objectifs, perspectives, méthodes et processus) de l'écologie industrielle et de l'innovation, Randles et Berkhout (2006) ont été amenés à supposer l'existence d'une interface entre les deux concepts.

Au-delà des spécificités, l'écologie industrielle doit relever un quadruple défi : valoriser les déchets (passer des « bads » aux « goods ») ; boucler les cycles en minimisant les rejets ; dématérialiser les produits (accroître la productivité des ressources) et procéder à la décarbonisation de l'énergie (évolution vers un système industriel moins gourmand en énergie fossile). De fait, L'écologie industrielle, définie par Robert Frosch (1995) comme « *l'ensemble des pratiques destinées à réduire la pollution industrielle* », nous amène à penser que l'écosystème industriel peut être un véritable vecteur du développement durable. L'ingénierie écologique et l'écotechnologie recommandent aux industriels de procéder à un ensemble d'opérations de rationalisation de la production (optimisation des consommations énergétiques et matérielles, minimisation des déchets à la source, réutilisation des rejets pour servir de matières premières à d'autres processus de production).

II.2. Ecologie industrielle et métabolisme industriel

Si l'écologie industrielle cherche à s'approcher le plus possible d'un écosystème « viable » à long terme, il devient nécessaire de cerner quantitativement et qualitativement la dimension physique des activités économiques, à savoir les flux et les stocks de matières inhérents à toute activité

industrielle (Daniels 2001, 2002). Cette démarche renvoie à une approche apparue à la fin des années 1980 : l'étude du métabolisme industriel (Ayres 1989). Le concept de « métabolisme » s'applique généralement à une plante ou un animal. Ayres et Simonis (1995, p. 1) le définissent comme *“the totality of internal processes - both physical and chemical - that supply the energy and nutrients required by an organism as the conditions of life itself”*. Ces processus peuvent être décrits en termes de transformations d'inputs (énergie solaire, énergie chimique, eau, air) en biomasse (la substance de l'organisme vivant) et en déchets. Par analogie, le métabolisme industriel est *« l'étude des ensembles des composants biophysiques du système industriel. Cette démarche, essentiellement analytique et descriptive, vise à comprendre la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liées aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard, dans les processus biogéochimiques »* (Erkman 1998, p. 10). En d'autres termes, c'est tout simplement l'ensemble des transformations physico-chimiques qui permettent de passer des matières premières (biomasse, minéraux, métaux, pétrole) aux biens manufacturés et aux déchets. Les économistes parlent de processus de production. La transformation des biens en services introduit cependant un second terme économique, la consommation. De là, le métabolisme industriel comprend tous les flux de matière et d'énergie qui permettent au système économique de fonctionner, c'est-à-dire de produire et de consommer.

Vu sous cet angle, le système économique humain occuperait une place à part à l'intérieur du système naturel de la Terre. L'anthroposphère est seulement une partie de la biosphère, elle-même en équilibre dynamique avec le soleil, l'air (l'atmosphère), les océans (l'hydrosphère) et la croûte terrestre (lithosphère). Durant l'ère préindustrielle, l'anthroposphère était plus ou moins en équilibre avec la biosphère et les autres éléments du système terrestre (Husar, 1995). Les humains faisaient partie d'un écosystème naturel, les animaux étaient chassés pour la nourriture et leur peau. Les déchets étaient recyclés par un processus naturel. Même les minerais et les métaux utilisés pour confectionner des armes, des outils ou des pièces, ont été recyclés pendant des millénaires. La révolution industrielle du XVIII^{ème} siècle et l'arrivée des machines à vapeur auraient changé radicalement cette situation. L'exploitation intensive des énergies fossiles et la non prise en compte des contraintes environnementales seraient devenues les moteurs de l'évolution des sociétés humaines. Ayres (1995) précise qu'il existe trois niveaux d'abstraction du concept de métabolisme industriel. A un premier niveau, le métabolisme industriel est un ensemble de processus physiques

qui transforment les matières premières et l'énergie, plus le travail en produits finis et en déchets. L'offre n'est pas autorégulée. Le contrôle du système est réalisé par la composante humaine. Elle peut exercer un contrôle direct (à travers l'input travail, facteur de production) ou indirect (en tant que consommateur d'output). Le système économique est ainsi stabilisé, au moins dans une structure de marché concurrentielle et décentralisée, lorsque l'offre et la demande de produits (et de travail) sont égalisées selon un mécanisme de prix. De là, le système économique est, par essence, un « *metabolic regulatory mechanism* » (Ayres 1995, p. 6).

A un second niveau, le concept de « métabolisme industriel » renvoie à l'unité élémentaire de l'organisation industrielle, la firme ou l'entreprise manufacturière. Cette dernière est ainsi présentée comme l'unité standard dans la théorie économique. Dès lors, un système économique est « *a collection of firms, together with regulatory institutions and worker-consumers, using a common currency and governed by a common political structure* » (*ibid.*).

Enfin, à un troisième niveau, le métabolisme industriel focalise son attention sur le cycle de vie des matières et des produits. Or, si la nature est caractérisée par les cycles fermés du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène (Ayres et al. 1996) dans lesquels les processus biologiques jouent un rôle majeur, les firmes font partie d'un système industriel ouvert qui transforme des matières premières et de l'énergie fossile en produits finis et en déchets (Ayres, 1999).

La méthodologie du métabolisme industriel consiste donc « *à établir des bilans de masse, à estimer les flux et les stocks de matière, à retracer leurs itinéraires et leur dynamique complexes, mais également à préciser leur état physique et chimique* » (Erkman 1998, p. 56). Au sein même des entreprises, cette comptabilisation est réalisée sous la forme d'une matrice input-output (Leontief 1936) et d'une analyse de cycle de vie. Ces « bilans environnementaux » permettent de contrôler les échanges, de connaître le niveau auquel ils se produisent, de savoir comment ils se structurent et comment ils déstructurent l'environnement.

Même si la difficulté de l'étude réside dans la diversité des modalités d'émission des rejets (illustration des pratiques agricoles, Moolenaar 1998, 1999) et la prise en compte des effets de synergie (interactions entre diverses sources de pollution), les bilans environnementaux peuvent s'appuyer sur trois rubriques: (1) une forme descriptive de l'activité industrielle incluant les procédés de fabrication et leurs caractéristiques ; (2) une quantification à l'aide d'un inventaire des

éléments non monétaires (quantités d'effluents émises, nuisances dans l'air, le sol et l'eau...) et des éléments monétaires (flux de matières premières, quantités produites, investissements, patrimoine bâti et non bâti de l'entreprise...) ; (3) à partir de ces données, une analyse des contraintes législatives, techniques, financières, économiques et commerciales qui expliquent l'attitude de l'entreprise face à la question de l'environnement. Si un nombre suffisant d'entreprises s'attachent à publier un tel bilan, il sera alors possible d'établir un diagnostic précis de l'état de l'environnement et de surveiller, quantitativement et qualitativement, un élément dont la dégradation est difficilement réversible.

Le métabolisme industriel pourrait ainsi devenir un outil indispensable pour les responsables politiques, administratifs et économiques, concernés par une gestion optimale des ressources et du territoire, et la planification d'un « développement socio-économique viable » (Erkman 1998, p. 78). Il permettrait non seulement d'optimiser les ressources existantes mais également de détecter des ressources sous utilisées (ou non utilisées) pouvant générer de nouvelles activités.

II.3. Ecologie industrielle, thermodynamique et programme bioéconomique

Si l'écologie industrielle et le métabolisme industriel renvoient tous deux à la notion d'« écosystème humain » — c'est-à-dire à un écosystème où le rôle de l'homme est dominant — ce dernier n'échappe pas aux lois énergétiques du monde physique. A la différence des écosystèmes naturels, qui se caractérisent par un flux d'énergie solaire en quantité illimitée et par un recyclage des déchets, les écosystèmes industriels sont traversés par un flux d'énergie fossile provenant d'une source limitée et produisent de façon irréversible des matériaux non recyclés (Ngendakumana, 2016).

A ce stade de l'analyse, il convient de revenir sur la littérature scientifique des années 1970, et notamment sur les travaux « précurseurs » de Nicholas Georgescu-Roegen (NGR). Ces travaux se situent au carrefour de la vision thermodynamique du monde, présentée par Sadi Carnot (1824) et des travaux du biologiste Alfred Lotka (1945, 1956). La thermodynamique parce qu'elle nous démontre que les ressources naturelles s'épuisent irrévocablement, la biologie parce qu'elle nous révèle la vraie nature du processus économique (Dannequin, Diemer, Vivien 1998).

La thermodynamique nous enseigne que, dans le processus de production, la quantité d'énergie est conservée (premier principe de la thermodynamique), mais sa forme - et donc sa disponibilité - a changé, de l'énergie libre (ou énergie utilisable) s'est transformée en énergie liée (ou énergie inutilisable), ce que nous appelons le deuxième principe de la thermodynamique, principe dit de Carnot-Clausius, encore appelé loi d'entropie. Pour le dire autrement, le processus économique serait nécessairement entropique, transformant de l'énergie (basse entropie) en déchets et rejets (haute entropie). Entendant pourfendre les références analytiques à la mécanique qui sont monnaie courante en économie, Georgescu-Roegen (1971) a beaucoup fait pour la reconnaissance de la loi d'entropie. Cela l'a amené à intervenir directement dans les controverses scientifiques qui entourent cette loi. Alors que celle-ci concerne habituellement l'énergie, Georgescu-Roegen (1978, p. 361) entend étendre cette loi à la matière, édictant ainsi une quatrième loi de la thermodynamique qui stipule que «*dans un système clos, l'entropie de la matière tend continuellement vers un maximum* ». L'entropie serait donc une loi à laquelle on ne peut échapper, d'où l'insistance de Georgescu-Roegen (1995) sur le caractère irrévocable de cette évolution. Tous les êtres vivants luttent en effet contre l'entropie.

La biologie souligne que l'homme - comme toutes les espèces naturelles - a toujours utilisé ses organes biologiques afin de puiser la basse entropie de l'environnement. De tels organes propres à chaque espèce vivante sont, selon la terminologie d'Alfred Lotka (1945, 1956), *les organes endosomatiques*. Mais progressivement, les êtres humains se sont distingués de la plupart des animaux en faisant appel à d'autres instruments qualifiés *d'exosomatiques*. Avec ces organes détachables, principalement des outils et des équipements techniques « énergétivores », l'espèce humaine serait parvenue à accomplir de nombreuses réalisations. Les organes exosomatiques seraient même devenus aussi vitaux que les organes endosomatiques (les hommes en sont largement dépendants).

Dans ces conditions, le processus économique apparaît bien comme une extension de l'évolution endosomatique, en d'autres termes, comme la continuation de l'évolution biologique (Dannequin, Diemer 1999a). La référence à la biologie permet également de mettre en lumière le concept de *biocénose*. Ce dernier rappelle que dans les écosystèmes, les différentes espèces d'organismes se rencontrent toujours selon des associations caractéristiques. On peut ainsi étendre ce concept

aux systèmes industriels en recherchant les meilleures associations (engrais-ciment ; betterave-biocarburant ; pulpe-papier...).

A ce stade de l'analyse, Nicholas Georgescu-Roegen (1971, 1986) considèrera que la seule voie pour l'humanité consiste à réorienter son développement exosomatique en intégrant les générations futures (Dannequin, Diemer, 1999b). La prise en compte des générations présentes et futures doit se traduire par la mise en place d'un *programme bioéconomique minimal* (Georgescu-Roegen 1975, 1978), symbolisant la montée des valeurs sociétales et de l'éthique (Dannequin, Diemer 2004). Tous les espoirs sont ainsi contenus dans la fusion de l'économie et de l'écologie (c'est toutefois l'économie qui devra être absorbée par l'écologie) : « *L'un des principaux problèmes écologiques posé à l'humanité est celui des rapports entre la qualité de la vie d'une génération à l'autre et plus particulièrement celui de la répartition de la dot de l'humanité entre toutes les générations. La science économique ne peut même pas songer à traiter ce problème. Son objet, comme cela a souvent été expliqué, est l'administration des ressources rares; mais pour être plus exact, nous devrions ajouter que cette administration ne concerne qu'une seule génération* ». Si la « décroissance » prônée par Georgescu-Roegen (1995) paraît difficile à mettre en œuvre (l'homme reste attaché au confort que lui procurent ses organes exosomatiques), le message ne tombera pas dans l'oubli. Frosch et Gallopoulos (1989, p. 114) rappelleront par deux fois qu'un écosystème industriel efficace ne s'établira que « *si les réformes de la production s'accompagnent de modifications des habitudes de consommation et des traitements des produits consommés (exemple du tri des ordures bien présent dans des pays comme le Japon, la Suède et la Suisse)* ». Les industriels et les consommateurs devront changer leurs habitudes s'ils veulent conserver ou améliorer leur niveau de vie, sans souffrir de la dégradation de l'environnement. L'écologie industrielle entend s'employer à cette tâche et trouver « *des principes et des modèles applicables à la gestion des entreprises et aux processus de production en s'inspirant de l'étude des écosystèmes* » (Vivien 2002).

CHAPITRE III : ANALYSE DES ENJEUX ECOLOGIQUES VIS-A-VIS LES IAAS

III.1. Introduction

L'impact écologique, selon Patrick Triplet du site *Bonobos world*, est l'ensemble des effets des activités humaines et des événements naturels sur les organismes vivants et leur environnement. L'*International Association for Impact Assessment* note que les impacts sur la biodiversité représentent des changements possibles à différents niveaux : i)des écosystèmes, ii)des espèces et iii)des phénotypes. Pour chaque niveau, les impacts doivent être examinés en termes de :

- ✓ Composition: les unités biologiques présentes et leur abondance
- ✓ Structure (ou schéma): l'organisation dans le temps et dans l'espace des unités biologiques
- ✓ Fonction: le rôle des différentes unités biologiques pour le maintien des processus et de la dynamique naturels.

De façon générale, on entend par environnement les milieux naturel, culturel et socio-économique ainsi que leurs relations mutuelles. Ainsi, l'environnement est l'ensemble des des conditions et des éléments naturels de la terre :

- a. Le sol, l'eau et l'air y compris toutes les couches de l'atmosphère ;
- b. Toutes les matières organiques et inorganiques ainsi que les êtres vivants ;
- c. Les systèmes naturels en interaction qui comprennent les éléments visés aux alinéas a et b.

Le développement durable quand lui est le Développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs.

L'**industrie agroalimentaire**, 3^e secteur le plus gourmand en énergies derrière la chimie et la métallurgie (selon une enquête INSEE de 2013), fait face aux enjeux du développement durable. Sur les prochaines années, il sera nécessaire de répondre aux deux critères suivants:

- accompagner l'épanouissement d'un modèle économique
- faire progresser les entreprises et continuer à gagner plus — tout en misant sur la transition énergétique, en réduisant l'empreinte carbone et en limitant autant que possible son impact sur la planète.

Contrairement à certains préjugés, les industriels de l'alimentaire dans les pays développés ont conscience des problématiques écologiques. Ils les ont majoritairement insérées dans leurs propres stratégies, et plusieurs initiatives s'orientent clairement vers le développement durable. Toutefois, les quelques industries agroalimentaires qui émergent dans les pays africains trainent encore les pas quant à la prise en compte de la dimension écologique et environnementale dans leurs chaînes de production et de commercialisation des produits.

III.2. Généralités sur l'analyse et de l'évaluation des risques écologiques

Sans protection de l'environnement, la capacité des sociétés humaines à se développer et même à survivre pourrait être rapidement remise en cause. C'est ce qui pousse de plus en plus d'experts à considérer l'écologie comme une priorité politique de premier plan.

L'écologie (du grec *oikos* (la maison) et *logos* (la science, l'étude), au sens premier du terme, est une science dont l'objet est l'étude des interactions des êtres vivants (la biodiversité) avec leur environnement et entre eux au sein de cet environnement (l'ensemble étant désigné par le terme « écosystème »). Il sert alors à décrire l'étude des habitats naturels, des écosystèmes et de leurs habitants (les êtres vivants).

Par extension, l'écologie désigne également un mouvement de pensée (l'écologisme ou écologie politique) qui s'incarne dans divers courants dont l'objectif commun est d'intégrer les enjeux environnementaux à l'organisation sociale, économique et politique. Il s'agit à terme de mettre en place un nouveau modèle de développement basé sur une transformation radicale du rapport activité humaine/environnement.

Aujourd'hui, les scientifiques alertent régulièrement sur le développement d'une crise écologique à l'échelle de la planète. Plus de 15 000 scientifiques ont d'ailleurs signé une tribune médiatique afin de faire prendre conscience des dangers de la crise écologique globale. L'objectif de l'écologie est de ralentir cette crise écologique, voire de mettre en place des mécanismes forts pour protéger l'écosystème et tenter de l'éviter. Cette crise écologique est la conséquence des pollutions et déséquilibres générés par les activités humaines. Le réchauffement climatique est l'un des exemples les plus connus : le CO₂ émis par les énergies fossiles et la production électrique mondiale, ainsi que par l'agriculture et les

industries humaines contribue à perturber l'équilibre de l'atmosphère et donc du climat. Conséquence: les températures moyennes de la planète augmentent ce qui transforme l'écosystème global. Aujourd'hui, le réchauffement climatique des conséquences très variées : il contribue à la fonte des glaces et à l'élévation du niveau de la mer, mais aussi à l'acidification des océans. Il entraîne la multiplication des événements météorologiques extrêmes et des catastrophes climatiques. Il transforme aussi l'agriculture en modifiant le métabolisme des plantes. Résultat : le réchauffement climatique met en danger les sociétés humaines.

Bien d'autres phénomènes constituent la crise écologique : l'extinction de la biodiversité (liée notamment à la destruction des habitats naturels), la pollution de l'air, la dégradation de la qualité des sols, la pollution des eaux, la surexploitation des ressources naturelles, la sur-pêche... Globalement, tous ces phénomènes se conjuguent et mettent en danger la stabilité des écosystèmes mondiaux, et donc notre capacité à vivre dans ces écosystèmes.

III.3. Processus global d'appréciation sur l'analyse et de l'évaluation des risques

Le processus global de gestion des risques est présenté ci-dessous. Ce processus est applicable à n'importe quel type de risque que ce soit des risques technologiques, des risques naturels ou écologiques, des risques sociaux, des risques liés à la gestion de projet, etc. Lors de l'analyse, l'accent est généralement mis sur la prévision des risques en termes de modifications du climat ainsi que des systèmes écologiques, terrestres et océaniques, sur les outils et les technologies de surveillance, de prévention, d'atténuation et d'adaptation des pressions et des risques environnementaux, notamment des risques pour la santé, ainsi que sur les outils et les technologies pour le caractère durable de l'environnement naturel et anthropique.

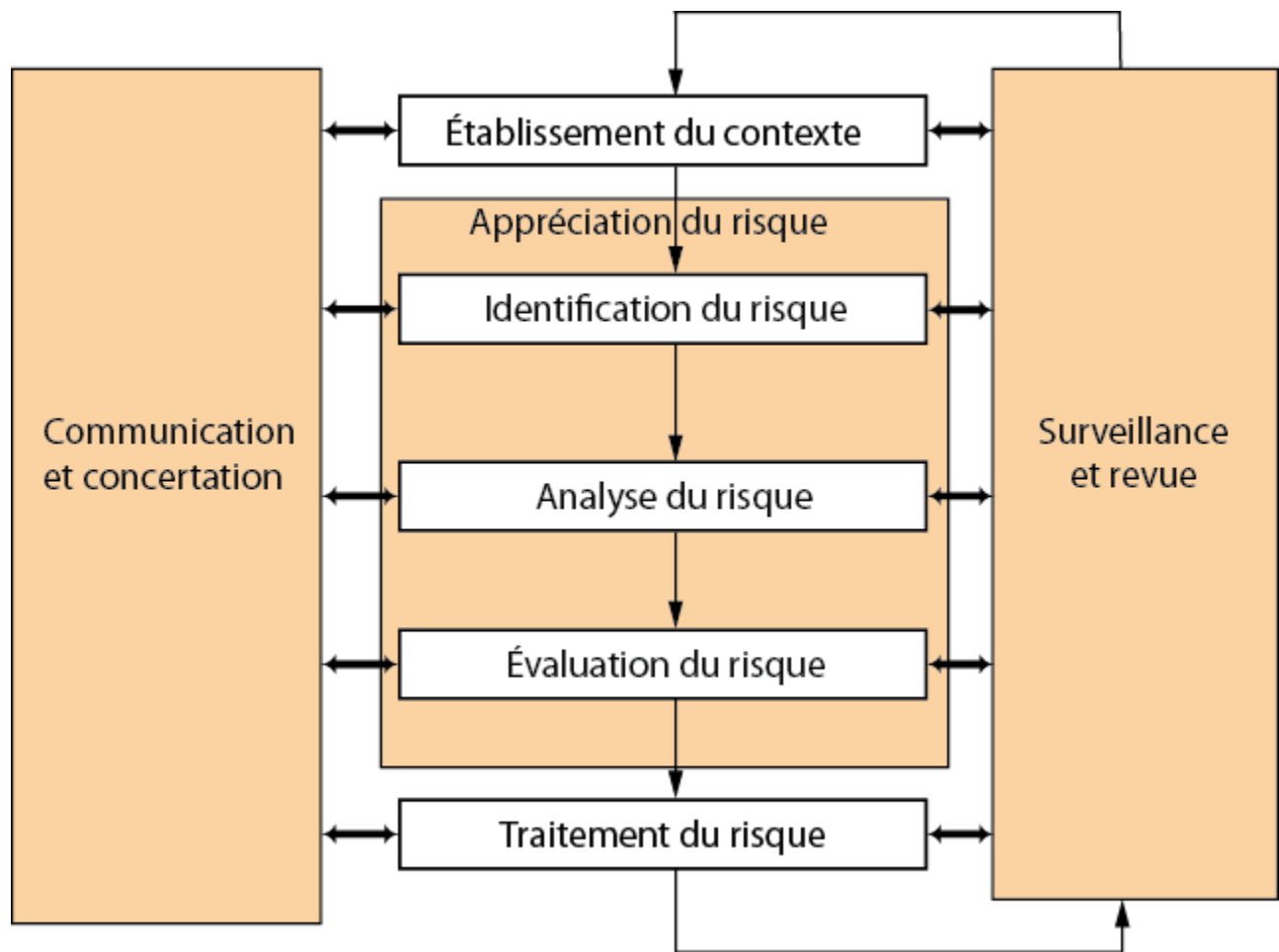


Figure 1 Processus global d'appréciation et de traitement des risques

(tiré de la norme ISO 31000: 2009)

L'appréciation des risques se base sur les résultats obtenus de l'analyse et de l'évaluation des risques. Au cours du processus, il faut définir quelles mesures mettre en place afin de réduire les risques considérés inacceptables ou, du moins, nécessitant une action correctrice. Quatre options s'offrent d'abord aux organisations face aux résultats obtenus dans l'évaluation des risques :

1. Transférer le risque: Est-il possible de déplacer le risque vers des fournisseurs ou des sous-traitants par exemple? Peut-on s'assurer pour ainsi minimiser les conséquences financières d'un événement? On utilise souvent cette option pour des événements rares, mais de conséquences élevées.

2. **Mettre fin au risque:** Si le risque est considérable, par exemple une forte probabilité d'occurrence et des conséquences élevées, on doit considérer mettre carrément fin à l'activité en cause.
3. **Tolérer le risque:** Le risque évalué nous apparaît acceptable et ne requiert pas d'autres mesures de traitement additionnelles.
4. **Traiter le risque:** Le risque est dans une zone qui requiert des mesures supplémentaires pour le rendre tolérable. C'est ce dont nous allons maintenant discuter.

Dans le cadre du ***traitement des risques***, on peut agir sur la probabilité d'occurrence ou sur la gravité des conséquences potentielles d'un événement, parfois sur les deux composantes du risque. De façon générale, il existe cinq grandes catégories d'options de traitement des risques qui doivent toutes être considérées afin de faire une gestion efficace des risques :

1. La **prévention** qui vise la réduction de la probabilité que des événements indésirables surviennent.
2. L'**atténuation** qui vise à réduire les conséquences si de tels événements se produisaient en limitant l'exposition (des gens, de l'environnement, des structures, etc.) par la mise en place de mesures techniques ou de distanciation.
3. La **préparation** qui vise aussi à réduire les conséquences si de tels événements se produisaient, mais cette fois, en augmentant la capacité d'intervention des équipes d'urgence et la résilience de l'organisation.
4. L'**intervention** lorsque de tels événements se produisent réellement, c'est-à-dire la mise en œuvre et l'ajustement des mesures d'urgence préparées au préalable selon les besoins de la situation en cours.
5. La **continuité** des fonctions critiques de l'organisation et le **rétablissement** chronologique des autres fonctions essentielles par la mise en œuvre et l'ajustement des mesures préparées au préalable.

Les détails de l'étude des impacts ou risques environnementaux /écologiques seront considérés dans l'avant dernier chapitre du cours.

III.4. Enjeux écologiques des industries Agroalimentaires

La gestion des risques environnementaux s'inscrit dans le développement durable et la responsabilité sociétale de l'entreprise (RSE). Dans le cadre du développement durable, l'entreprise doit veiller au respect du meilleur équilibre entre trois volets : la rentabilité économique, l'équité sociale et le respect de l'environnement. Cette gestion des risques environnementaux prend une place importante prise dont les clients ou clients potentiels sont de plus en plus sensibles à l'aspect écologique du produit ou service. Cette gestion doit prendre en compte le fait que toute IAA affecte l'écologie ou l'environnement en général à chaque maillon de la chaîne de production (Fig2).



Figure 2 Cycle de vie d'une IAA et maillons d'impacts écologiques potentiels

Le schéma des maillons d'impacts écologiques (Figure 2) montre que pour mieux conjuguer développement durable et industrie agroalimentaire, il convient de décliner 5 axes stratégiques majeurs:

- Agir sur les approvisionnements
- Utiliser efficacement les énergies
- Gérer les emballages et leur fin de vie
- Optimiser la logistique et le transport
- Lutter contre les pertes et le gaspillage alimentaire.

III.4.1. Typologie des risques environnementaux

Sur base des maillons de la chaîne de production industrielle, une typologie des risques peut être établie et vise à créer une classification des risques en classes homogènes et exclusives les unes des autres. Celle du ministère de l'Environnement est la suivante:

- risques technologiques et transports de matières dangereuses avec les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE),
- les risques liés aux installations industrielles,
- les risques liés aux équipements sous pression,
- les sites et sols pollués, les sous-sols,
- les transports de marchandises dangereuses,
- pollution et qualité de l'environnement avec effets des déchets et emballages sur l'air, l'eau,
- les nuisances sonores,
- les nuisances lumineuses,
- gestion des déchets,
- gestion des produits chimiques.

III.4.2. Le système de management environnemental (SME)

- **Le SME.** Il est défini comme une "*composante du système de management global*". C'est un mode d'organisation interne spécifique qui permet de structurer une

démarche d'amélioration permanente des résultats d'une entité vis-à-vis de l'environnement.

- **Les établissements s'engagent** progressivement dans une démarche de mise en place d'un SME à partir d'un premier diagnostic environnemental qui va permettre de réaliser l'inventaire des aspects et impacts associés.
- **Les avantages du management environnemental.** Il permet notamment de gérer ses contraintes réglementaires, répondre aux exigences des donneurs d'ordres (entreprises, collectivités territoriales...), construire une relation de confiance avec les partenaires (actionnaires, banques...), optimiser les coûts et maîtriser les risques, pérenniser et améliorer sa compétitivité, mobiliser le personnel autour d'un sujet fédérateur et favoriser l'intégration de l'entité dans la vie locale.

Exemples : Prix BANCOBU (2022) et Certification FOMI (2020).

III.4.3. Les déchets et les rejets

A. Les déchets

Les déchets industriels sont classés, selon leurs caractères plus ou moins polluants, en trois catégories :

- **les déchets inertes:** ce sont les déchets les plus stables. Stockés en décharge, ils ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante ;
- **les déchets banals:** ce sont les déchets des entreprises qui ne sont ni inertes ni dangereux;
- **les déchets dangereux (ou spéciaux) :** ce sont ceux qui impliquent le plus de risques vis-à-vis de l'environnement. Ils sont définis par l'article R. 541-8 du Code de l'environnement.

B. Les rejets

- **Les rejets dans l'air**

L'industrie est responsable d'une part notable des pollutions atmosphériques. Elle émet chaque jour différents rejets gazeux liés à ses activités qui ont des effets néfastes sur l'environnement et sur la santé.

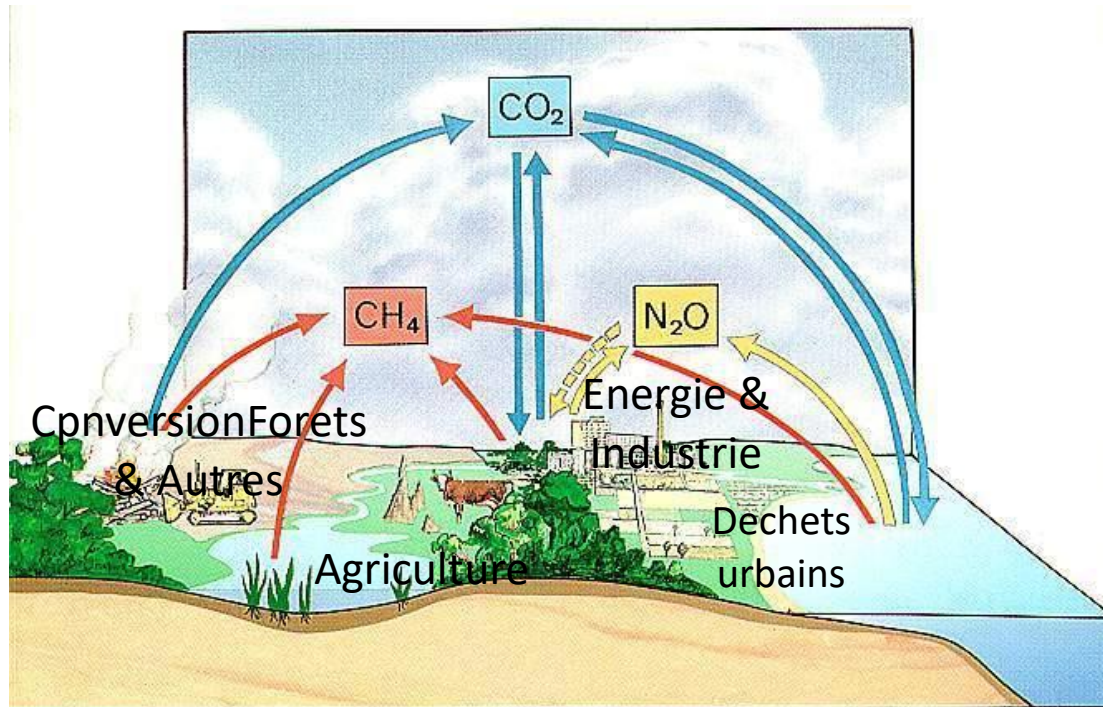


Figure 3 Quelques gaz rejetés par les IAA et les autres sources de gaz à effet de serre

- **Les rejets dans l'eau**

L'industrie est à la fois consommatrice d'eau pour ses procédés et à l'origine de rejets dans le milieu aquatique. Ces eaux résiduaires industrielles sont issues des processus de fabrication (utilisation de solvants, réactions chimiques, nettoyage des matériaux...). Bien qu'une grande partie des eaux résiduaires industrielles soient désormais traitées par les stations d'épuration ou sur le site industriel lui-même, les polluants non éliminés sont directement rejetés dans le milieu naturel.

III.4.4. La responsabilité de l'entreprise

Chaque entreprise est responsable de la gestion des déchets qu'elle produit et/ou détient jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des

fins de traitement à un tiers. Elle doit s'assurer que leur élimination est conforme à la réglementation.

- **L'entreprise est responsable de tous les déchets générés par son activité**, y compris les déchets assimilés aux déchets ménagers, même s'ils sont collectés par le service public, et les produits usagés issus d'un travail pour un client, dès que celui-ci les lui confie.
- **Cette gestion des risques environnementaux** est étroitement liée à la norme ISO 14001.

III.4.5. La gestion de la consommation d'énergie

A. Les enjeux

Les enjeux liés à la réduction des consommations d'énergie sont sensiblement équivalents à ceux d'une politique de management environnemental.

Enjeux environnementaux: Intégration des énergies renouvelables dans les évolutions futures des procédés, réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de CO₂.

Enjeux économiques: Possibilité de faire des économies grâce à des gains sur les consommations d'énergie, amélioration des performances des processus par la recherche de réduction des coûts.

Enjeux sociaux: Mise à jour des connaissances internes en matière de consommation d'énergie des procédés, services connexes, cohésion des salariés autour d'un projet commun, amélioration des conditions de travail (éclairage et chauffage).

Enjeux d'image: Amélioration de l'image interne et externe de l'entreprise.

B. Mise en place

- **Toute entreprise désireuse de s'inscrire dans une démarche de maîtrise de l'énergie doit mener une réflexion poussée en interne** afin d'établir sa propre "*gestion*". Ce préalable est indispensable à la mise en œuvre d'un plan d'actions, pour être totalement en phase avec les besoins de l'entreprise, et doté d'une cohérence technique en adéquation.
- **Des dispositions sont à concevoir en matière d'organisation, de suivi, d'études et d'investissement en fonction des choix opérés.** Par exemple, une volonté de gain à court terme induira des mesures de suivi, de gestion au quotidien et des investissements limités. Une recherche globale d'image "*verte*", quant à elle, passera par la mise en œuvre de

procédés performants, le recours aux énergies renouvelables, et sera donc porteuse d'enjeux beaucoup plus lourds en termes d'investissements.

- **Destinée à tous les organismes, la norme NF EN ISO 50001** a pour objectif de les aider à développer une gestion méthodique de l'énergie pour améliorer leur performance énergétique. Cette norme s'appuie sur l'analyse des usages et consommations énergétiques pour identifier les secteurs d'usage énergétique significatifs et les potentiels d'amélioration de l'organisme.

Exemple en France, l'industrie est responsable d'environ la moitié des rejets de polluants organiques (l'autre partie étant d'origine domestique) et de presque la totalité des rejets de métaux lourds.

III.5. Leçons apprises de l'écologie industrielle

En l'espace de deux décennies, l'écologie industrielle s'est construite autour d'un corpus théorique associant les sciences de l'ingénieur, les sciences de la terre (thermodynamique et biologie), les sciences sociales, économiques et juridiques. L'écologie serait ainsi devenue une véritable science (avec ses propres lois et son propre langage), et l'entreprise, un vecteur du développement durable. Par analogie, le système industriel est associé à un écosystème biologique dont les principaux objectifs sont la valorisation systématique des déchets, la minimisation des pertes par dissipation (création de réseaux d'utilisation des ressources et des déchets), la dématérialisation de l'économie (optimisation de l'utilisation de la matière) et la décarbonisation de l'énergie.

L'écologie industrielle analyse ainsi « *local, regional, and global uses and flows of materials and energy in products, processes, industrial sectors, and economies. It focuses on the potential role of industry in reducing environmental burdens throughout the product life cycle from the extraction of raw materials, to the production of goods, to the use of those goods and to the management of the resulting wastes* » (Lifset, 2006, p. 2).

L'étude du métabolisme industriel (démarche consistant à comprendre la dynamique des flux et des stocks de matière et d'énergie liées aux activités humaines) constitue un préalable indispensable à l'écologie industrielle. L'écosystème industriel fait apparaître deux niveaux d'abstraction : 1/ un processus de production combiné à un niveau de consommation dans le cadre

d'une structure de marché concurrentielle régulée par les prix ; 2/ une entité élémentaire, l'entreprise, qui doit comptabiliser ses flux d'énergie sous la forme de bilans matière (on parle également de bilan environnemental). Sans prôner la décroissance (Georgescu-Roegen, 1995), les tenants de l'écologie industrielle recommandent aux industriels de procéder à un ensemble d'opérations de rationalisation de la production. Des idées qui, sur le terrain, seront illustrées par la symbiose industrielle de Kalundborg et l'émergence des parcs éco-industriels.

Dans cette nouvelle approche de l'écologie, le recyclage des déchets ne serait plus une fin en soi. Le développement durable doit désormais mener à une valorisation collective et coordonnée des déchets (passage de la valeur d'échange à la valeur d'utilisation). Et c'est de cette manière que les sciences de l'ingénieur pourront être pensées comme des alternatives « technologiques » au service des Société Humaines.

III.5.1. Comment envisager le développement durable dans l'industrie agroalimentaire ?

L'ANIA, Association Nationale des Industries Alimentaires, a rédigé un livre vert à destination des professionnels de l'agroalimentaire, pour qu'ils **intègrent le développement durable à leurs modes de fonctionnement**.

Selon cet acteur, le développement durable, impératif pour préserver nos ressources, constitue également une réponse pertinente à toutes les attentes des consommateurs. Ces derniers sont de plus en plus exigeants quant à la qualité, la provenance et la composition de leurs aliments. Ainsi, les industries qui prennent conscience de leur responsabilité sociétale se donnent toutes les chances de progresser, de voir leurs ventes s'envoler, tout en réduisant les pollutions directement liées à leur activité.

Pour mieux conjuguer développement durable et industrie agroalimentaire, ce guide décline 5 axes stratégiques majeurs:

- Agir sur les approvisionnements
- Utiliser efficacement les énergies
- Gérer les emballages et leur fin de vie
- Optimiser la logistique et le transport
- Lutter contre les pertes et le gaspillage alimentaire.

III.5.2. Vers une industrie agroalimentaire plus verte : exemples d'initiatives

Selon l'Agence européenne pour l'environnement, l'agroalimentaire a diminué de 27 % ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2012, grâce à une meilleure gestion des énergies. Plus concrètement, différentes initiatives ont permis de s'inscrire dans une démarche de développement durable : abandonner les énergies fossiles et miser sur des combustibles moins polluants (incinération de déchets ménagers, par exemple), récupération d'énergies, optimisation de la production, valorisation de la biomasse, etc.

Chez Danone, on a déployé un système de récupération de chaleur qui réduit les dépenses liées au chauffage de l'eau. À l'horizon 2020, la société vise une baisse de 60 % des consommations énergétiques.

Du côté de la gestion des emballages, la Biscuiterie de l'Abbaye a significativement diminué la quantité de plastiques et papiers utilisés pour conditionner les aliments. Les barquettes de chocolat ont été allégées de 4 g pour le plastique et 10 g pour l'étui en carton. D'autres choix logistiques liés au développement durable ont entraîné un recul de 30 % de l'impact carbone.

En termes de transport, Bonduelle a étudié son empreinte carbone, pour orienter ses stratégies de développement durable. À titre d'exemple, les salades qui transitent de l'Espagne vers la France sont désormais exportées avec un flux combiné rail-route, pour utiliser le moins possible de véhicules polluants. En 3 ans, avec 64 000 tonnes de produits acheminés ainsi, on a réduit l'émission de plus de 5 000 Teq Co₂.

Enfin, contre le gaspillage alimentaire, enjeu essentiel du développement durable dans l'industrie agroalimentaire, Lesieur a mis en place un bouchon anti-gaspillage, pratique pour les consommateurs, permettant de maîtriser les dosages.

De nombreuses autres marques plus ou moins connues ont lancé des projets pour favoriser le développement durable, prouvant que l'enjeu a bien été intégré aux évolutions du milieu.

III.5.3. Les solutions d'entretien enzymatiques pour une industrie agroalimentaire plus verte

Bien que les 5 axes précédemment évoqués demeurent essentiels pour favoriser le développement durable dans le secteur des industries, il ne s'agit pas des seuls vecteurs d'amélioration. En effet, devant des règles d'hygiène très strictes dans le domaine, il est fortement recommandé de nettoyer les appareils et les bâtiments de façon très régulière et rigoureuse. Mais aujourd'hui encore, beaucoup de sociétés choisissent des formules chimiques néfastes pour l'environnement et dangereuses pour l'homme. Face à cela, des solutions d'entretien professionnelles existent.

Par exemple, pour nettoyer les citernes (intérieur et extérieur), cuves ou tous systèmes en circuits fermés, l'usage de la formule **CIP Cleaning In Place, de la gamme Agroalimentaire** Enzynov reste l'une des meilleures options. Elle permet de gagner du temps mais pas seulement. Composée essentiellement d'enzymes, elle décontamine, désinfecte, nettoie et désincruste rapidement et efficacement. Formule 100% écologique, elle ne laisse pas de résidus gênants et est biodégradable à plus de 95 %.

Enfin, pour n'utiliser que des solutions écoresponsables en **industrie agroalimentaire**, demandez des informations à **ENZYNNOV** au sujet de la **gamme Agroalimentaire**. Composée de 4 solutions enzymatiques, elle vous permettra d'entretenir votre matériel, nettoyer vos surfaces et veiller au respect des règles d'hygiène.

CHAPITRE IV: LES IMPACTS DES IAA ET LA PROBLEMTAIQUE DES EMBALLAGES

IV.1. Importance du secteur agro industriel

De toute évidence, l'Industrie Agroalimentaire est un secteur essentiel de l'économie des pays, à l'importance souvent méconnue du fait de ses fortes spécificités au regard des autres branches de l'industrie. Les industries agroalimentaires réalisent essentiellement une activité de transformation de produits de l'agriculture et de la pêche en aliments et boissons pour l'homme ou l'animal. Le secteur contribue de façon très positive à la balance commerciale des économies nationales (*et si nous prenons la France comme exemple, l'IAA a longtemps été le premier exportateur mondial de produits agricoles et agroalimentaires*).

L'industrie alimentaire, l'agriculture en particulier utilise 70% du volume d'eau douce de la planète. Ce qui **fragilise grandement les réserves hydrauliques**. De plus, ces réserves courent le risque d'être polluées par les déchets industriels, et à terme d'être impropres à la consommation humaine et animale. Nous examinerons la suite en décryptant brièvement les impacts écologiques de l'industrie agroalimentaire en quelques points.

IV.2. Aperçu Des Impacts Ecologiques Des IAA

L'industrie alimentaire fait partie des principaux facteurs de risque environnemental pour notre planète. Ce domaine a beaucoup évolué au fil des ans, pour combler les besoins alimentaires d'une population sans cesse grandissante. Toutefois, le secteur nécessite une grande disponibilité des ressources naturelles pour atteindre ses objectifs. Ce fonctionnement incessant de l'industrie a un impact permanent sur la nature, ce que nous pouvons traduire en 5 points.

IV.2.1. Déforestation

L'industrie agroalimentaire utilise comme matière de base les produits de l'agriculture. Toutefois, pour satisfaire la forte demande de l'industrie, la production agricole a explosé. Pour soutenir le rythme, les gouvernements et exploitants ont fait le choix de sacrifier des hectares de forêts au profit des terres arables. La superficie mondiale occupée par les terres agricoles est estimée à 13 millions de kilomètres carrés.



Figure 4. Une photo de bûches empilées avec de la verdure en arrière-plan

Selon l'ONG Rainforest foundation Norway, l'agriculture et l'exploitation forestière ont détruit 34% des forêts primaires entre 2002 et 2019. Par ricochet, la déforestation produit le réchauffement climatique. En effet, les forêts emmagasinent les émissions de dioxyde de carbone, et protègent la couche d'ozon des gaz à effet de serre. Selon le World Wild Fund, « *un cinquième des émissions de gaz à effet de serre dues aux activités humaines provient de la destruction des forêts.* » Une situation qui expose tous les êtres vivants aux effets dévastateurs des rayons ultraviolets.

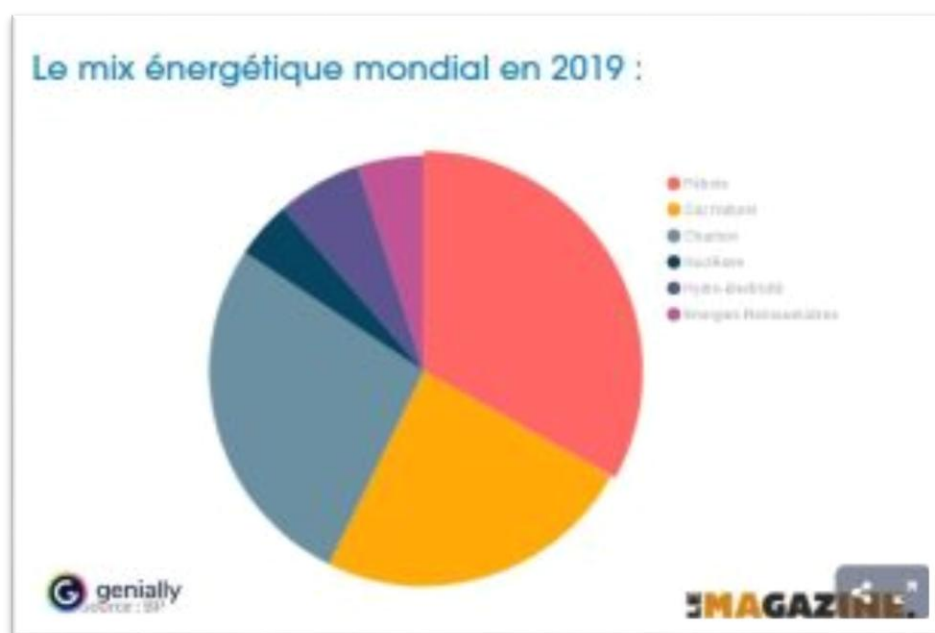
IV.2.2. Pollution

Le succès de l'industrie agroalimentaires est dû principalement à la mécanisation des procédés de fabrication, mais aussi aux quantités astronomiques de nourriture issues des champs. Toutefois, les cultures intensives affectent la fertilité des sols. Pour équilibrer, les agriculteurs optent pour les engrais chimiques qui boostent les performances du sol. Cependant, l'usage automatique d'engrais dans l'agriculture affecte la qualité de l'air et la qualité des eaux (la plupart des fermes agricoles à grandes échelles sont situées près de sources d'eau. Celles-ci servent à l'irrigation des cultures.) Les fertilisants et pesticides sont pulvérisés dans l'air au-dessus des champs et les vents les conduisent jusqu'aux points d'eau environnants.

Les terres arables deviennent poreuses à cause de l'utilisation intensive. Par conséquent, les engrais pénètrent le sol, et contaminent les nappes phréatiques. Les dérivés d'engrais contenus dans l'air

notamment l'ammoniac deviennent des gaz à effets de serre. « *L'ammoniac contenu dans les engrais azotés génèrent des gaz à effet de serre environ 150 fois plus actifs que le CO₂. Viennent ensuite les engrais de synthèse (Les engrais de synthèse sont issus de substances transformées chimiquement), qui seraient responsables de l'émission annuelle de 2,2 Mt de N₂O : environ 2,5 % de l'azote (N) des fertilisants répandus seraient irrémédiablement convertis en N₂O, causant une attaque importante de la couche d'ozone* » révèle le site avoir-la-science-en-gre.

Parlant des machines, elles aident à transporter et transformer les aliments plus vite et en grande quantités. Ce qui requiert une quantité inépuisable d'énergie. Les sources d'énergies les plus utilisées sont les énergies fossiles (Pétrole, gaz naturel et Charbon). Leur surexploitation au cours des dernières décennies a considérablement diminué les réserves naturelles. Selon Samuel Benoît, « *au rythme de consommation actuel, les réserves mondiales de pétrole sont estimées à 40-50 ans environ* ». Pour transporter les aliments des champs vers les usines et des usines vers les commerces urbains, beaucoup de combustibles sont utilisés. Ces derniers libèrent des gaz à effet de serre tels que : le dioxyde de carbone, les oxydes d'azotes, le monoxyde de carbone ou encore les composés soufrés.



Source : [Genially](http://genially)

IV.2.3. Déchets issus des emballages agro-industriels

D'après le rapport « l'état des plastiques, Journée mondiale de l'environnement perspectives 2018 » publié par l'ONU environnement, « *Une grande partie du plastique que nous produisons est conçue pour être jetée après une seule utilisation. Les emballages en plastique représentent environ la moitié des déchets plastiques dans le monde* ». Ces plastiques à usages uniques sont en grande partie utilisés pour l'emballage, la conservation et le transport de produits alimentaires. Malheureusement, la majorité de ces déchets plastiques sont non-biodégradables, et prendraient des millénaires à se décomposer dans la nature. De plus seuls « *9% des neuf milliards de tonnes de plastique que le monde a jamais produites ont été recyclés.* » révèle le même rapport. Tout comme, « *13 millions de tonnes de plastique pénètrent dans nos océans chaque année* » ce qui nuit grandement à la biodiversité. L'humanité se retrouve donc dépassée par sa propre production de déchets. L'espoir repose actuellement sur les gouvernements et sur les entreprises qui fabriquent et utilisent le plastique afin que les premiers règlementent la fabrication et l'utilisation du plastique ; et que les seconds conçoivent des plastiques biodégradables, ou alors créent des chaînes performantes de recyclages des emballages plastiques.



Figure 5. Pollution de l'eau avec des sacs en plastique dans la rivière

IV.2.4. Gaspillage

Selon le site [Planétoscope](#), qui fournit les statistiques en temps réel, « Plus de 41.200 kilos de nourriture sont jetés chaque seconde dans le monde. Cela représente un gaspillage alimentaire de 1,3 milliard de tonnes d'aliments par an, soit 1/3 de la production globale de denrées alimentaires dédiée à la consommation. Le gaspillage alimentaire concerne les pays riches comme pauvres et représenterait une valeur gaspillée de 750 milliards de dollars. »

Le gaspillage et les pertes alimentaires se situent à tous les stades de la chaîne d'approvisionnement alimentaire. La quantité estimée de celles-ci obéit au schéma suivant.



Figure 6. Écologie, zéro déchet et concept de recyclage

En termes de gaspillage on peut également de la surutilisation de l'eau. En effet l'industrie alimentaire, l'agriculture en particulier utilise 70% du volume d'eau douce de la planète. Ce qui fragilise grandement les réserves hydrauliques. De plus, ces réserves courent le risque d'être polluées par les déchets industriels, et à terme d'être impropres à la consommation humaine et animale.

IV.3. Problématique de l'emballage : Impacts globaux des déchets industriels

IV.3.1. Problématique

L'emballage dans l'industrie agroalimentaire a, de nos jours, de multiples fonctions. Il se doit d'être extrêmement polyvalent afin de répondre à des attentes tant économiques, que logistiques ou même sanitaires. Quels sont les enjeux de l'emballage pour les entreprises?

Les problématiques de transport, de conservation, de stockage ou de marketing font de l'emballage un enjeu crucial pour les entreprises. Malheureusement, aussi important soit-il, il a également de lourdes conséquences sur l'environnement ! Ennemi de l'écologie, le suremballage est aujourd'hui largement dénoncé à l'heure où le 7ème continent de plastiques ne cesse de grandir. La question qui mérite d'être posée est la suivante: Quelles sont les conséquences du suremballage ?

Primo, il existe 3 usages principaux d'emballages: L'emballage de vente: celui qui permet de conditionner une unité d'un produit. C'est par exemple le cas du pot de yaourt. L'emballage de conditionnement : celui qui permet de regrouper un certain nombre d'unités pour les vendre en lot.

Secundo, le suremballage est impactant à plusieurs niveaux que ce soit sur les prix et sur l'environnement.

L'impact financier du suremballage

Le calcul est simple, si l'IAA augmente ses coûts en ajoutant un emballage supplémentaire, elle augmentera aussi le prix pour le consommateur final. Dans les faits, l'emballage peut représenter jusqu'à 20% du prix du produit fini dans l'alimentaire. Plus étonnant et pas moins choquant quand on le sait, l'emballage d'un parfum de luxe représente jusqu'à 65% du prix de vente en magasin. Si l'on ajoute le prix de la taxation des déchets, des frais inhérents au recyclage ou au contraire des frais filières non triés, le consommateur paye alors plusieurs fois son carton d'emballage.

L'impact environnemental du suremballage

La quantité d'emballages jetés dans un pays (comme la Belgique, la France, Allemagne) chaque année est tout simplement hallucinante. Si vous voulez voir en direct le nombre d'emballages jetés, c'est faisable mais sachez qu'en France par exemple, l'on jette 90 milliards d'emballage chaque année soit 25% de toutes les poubelles annuelles. Et ces emballages finissent soit dans les filières de tri, dans nos océans ou encore en émissions de fumées polluantes après incinération. Si ces chiffres sont déjà choquants, ce n'est malheureusement pas la seule pollution liée au suremballage. Si l'on ajoute à cette pollution directe l'impact environnemental de leur fabrication, les matières premières et l'énergie consommées, les émissions de gaz à effets de serre liées au transport et les infrastructures de tri et de traitement des déchets, la note environnementale ou écologique est plus que salée.

Les produits sur emballés continuent à augmenter au quotidien dans les magasins et stocks : des gâteaux films et dans de gros cartons, des produits individuels emballés dans une coque plastique elle-même filmée d'un plastique le tout recouvert d'un gros carton, etc. De nombreux produits sont donc sur emballés au détriment du prix payé par le consommateur et de l'environnement. Malgré les faits et les chiffres, les industriels n'hésitent pas à proposer de nouveaux produits sur emballés.

IV.3.2. Savoir comment bien choisir son emballage agroalimentaire?

Stockage et transport dans l'agroalimentaire : bien choisir entre le métal, le plastique et le carton kraft. L'emballage dans l'industrie agroalimentaire a, de nos jours, de multiples fonctions. Il se doit d'être extrêmement polyvalent afin de répondre à des attentes tant économiques, que logistiques ou même sanitaires.

Dans la logique de « la stratégie sur les matières plastiques » de l'Union Européenne et la Feuille de route de l'Economie Circulaire de la France, ce sont des obligations de recyclabilité et d'éco-conception qui sont imposées. Le but est de lutter contre le gaspillage en achetant réparable et recyclable.

Dans ce contexte, pas un jour ne se passe sans qu'un industriel de l'agroalimentaire ou une enseigne de grande distribution ne s'engage dans la bataille contre le plastique. Pour les professionnels, la problématique des emballages est très sérieuse. Pour convaincre les consommateurs, qui aujourd'hui considèrent l'impact environnemental de leurs achats, il faut trouver des solutions convaincantes et efficaces.

DIMINUER L'IMPACT DU PLASTIQUE

Stop aux objets à usage unique

A l'échelle européenne, la directive *Single Use Plastic* menace une dizaine de familles d'objets à usage unique. Ils sont choisis pour leur tendance à se retrouver sur les plages : les cotons-tiges, les touillettes, les pailles, les couverts et assiettes jetables, etc.

Pour exemple, Lidl, le distributeur allemand, s'engage. Le but est de mettre fin à sa vente d'objets à usage unique. D'ici la fin de l'année 2022, ces objets disparaîtront de ses rayons.

Carrefour suit également cette logique, en commençant par sa gamme bio. Leur objectif est également de supprimer ces objets de leurs rayons mais aussi de supprimer les plastiques superflus. A commencer par leurs fruits, ils vont les présenter au naturel.

Un bouchon solidaire

Cette directive oblige aussi, à compter de 2021, les contenants de boissons à disposer d'un bouchon solidaire de la bouteille. Cristaline a pris les devants et donne l'exemple à d'autres marques comme Thonon, l'eau minérale de Haute-Savoie.

Le poids du bouchon est réduit. Sa fabrication nécessite donc moins de plastique. Il est attaché au goulot de la bouteille et donc ne s'égaré pas dans la nature. Il simplifie le tri au consommateur : il suivra la bouteille dans le bac approprié. Le nombre d'unités d'emballage est, lui aussi, réduit, passant de 2 à 1.

Grâce à cette innovation, nous voyons que le physique de certains objets en plastique reste encore compliqué à substituer. L'objectif des industriels est alors de trouver des solutions pour en limiter l'impact.

DES EMBALLAGES ÉCORESPONSABLES

L'objectif est aujourd'hui de cesser les emballages plastiques et d'en trouver des alternatives fiables. Ce n'est pas encore l'heure de la suppression des emballages. Il faut donc créer un système circulaire pour diminuer leur usage et leur impact environnemental.

Une solution qui fait ses preuves : La cellulose

« Notre objectif est de modifier l'ensemble des produits de marque propre, y compris les emballages et les étiquettes des produits ». Lidl a, effectivement, pour objectif d'atteindre 100% de cellulose pour leurs produits de marque et leurs emballages recyclés.

Pour ce géant allemand de la distribution, la cellulose moulée reste encore une fois la solution face au plastique. Ce matériau est conçu à partir de papiers recyclés, il est résistant et s'adapte à tous types de produits. Ainsi, il est efficace et respectueux de l'environnement.

III.3.3. Les impacts globaux (écologiques et sociaux) des déchets industriels

Les industries produisent des déchets toxiques pour l'environnement. En particulier les industries agroalimentaires qui produisent non seulement des déchets toxiques, mais aussi de la nourriture chargée de produits chimiques. Gros plan alors sur ces impacts néfastes.



Figure 7. Décharge d'immondices issus des IAAs

Intoxication alimentaire

Tous déchets industriels provoquent l'intoxication alimentaire. L'eau et les résidus que les industries déversent dans la nature vont directement dans les plantations. Ce qui provoque l'intoxication des aliments. Et même les aliments bios ont un risque d'intoxication.



Dans les industries agroalimentaires, la production elle-même est déjà un danger pour la nature et le consommateur. Prenons en compte tout d'abord que l'homme fait partie intégrante de l'environnement. La concentration de composant présent dans les nourritures en sachet, en conserve et de plus surgelé est mauvaise pour le système digestif humain.

Impact sur les hommes et les animaux

Nous admettons que l'industrialisation a offert nombreux emplois, mais si l'on regarde de plus près, nous voyons les inconvénients des emplois créés par cette industrialisation. L'augmentation des demandes de la clientèle due à la grande popularité de l'industrialisation fait que les industries se multiplient.



Les quartiers industriels se font nombreux. La fumée provoquée par la concentration de plusieurs usines réunies en un endroit peut provoquer des troubles hormonaux et des mutations génétiques. La plupart du temps, les maladies les plus observées dans les quartiers industriels sont : le cancer, les troubles gastriques, les déformations génétiques les maladies respiratoires, les maladies dues aux troubles neurologiques, mais aussi parfois la stérilité.

Impact sur le sol, l'air et l'eau

Le déversement de déchet électronique dans la nature perturbe l'équilibre. À commencer par la destruction de la terre due à la toxicité des déchets radioactifs des usines. Les produits jetés et éparpillés ont pour conséquence de polluer la terre la rendre infertile et meurtrie par la radioactivité.



Ensuite, la radioactivité infiltrée dans le sol va se créer un chemin jusque dans les nappes souterraines pour rendre l'eau toxique. Quand l'eau des nappes remontant à la surface, pendant les périodes de chaleur, elle se fera évaporer et disperser dans l'air, ce qui fera disperser la toxicité dans l'air et la polluera. Et lors des périodes de pluie, les nuages de radioactivités se transformeront en pluie acide.

III.3.4. Perspectives des IAA : Quelques nouvelles initiatives émergentes

L'industrie alimentaire a certes permis aux hommes de transformer et de diversifier ses aliments. Toutefois, cette industrie cause beaucoup de mal à la planète. Dans un monde axé sur le développement durable, de nombreuses initiatives des organisations des nations unies et d'ONG sont prises pour réduire cet impact négatif. Nous vous invitons à consulter les liens en bas de pages pour découvrir l'ampleur du problème. Car malgré les tonnes d'aliments produits et fabriqués au quotidien, une grande partie de la population mondiale souffre de la faim.

A. Cocooning, digitalisation et personnalisation



Le manque de temps des « millénials » conjugué à l’ubérisation de la cuisine ont permis l’émergence des plateformes et applications de commandes en ligne. Ainsi les consommateurs peuvent se faire livrer à domicile des ingrédients, des kits de repas, des plats préparés, pratiques, sympathiques et faciles à utiliser. Certaines marques proposent la possibilité de créer une véritable communauté d’utilisateurs où ils peuvent échanger des recettes et des idées. Les Digital native vertical brands profitent de cette niche de marché pour être en contact direct avec les consommateurs. Par conséquent, ils peuvent proposer à leurs consommateurs, des expériences utilisateurs spécifiques tenant compte de leur personnalité, besoins et attentes respectifs.

B. Zéro-déchet



La lutte contre les pertes et du gaspillage alimentaire fait partie du programme de développement durable des Nations Unies pour l’Horizon 2030. Dans les pays occidentaux, cette lutte antigaspillage concerne toute la chaîne alimentaire et plus particulièrement l’industrie alimentaire qui génère le plus de pertes. L’innovation antigaspillage est caractérisée par la valorisation des co-produits industriels en produits alimentaires. Exemple: des apéritifs à base de drêches, de la bière à base de farine de pain rassi, des cookies à base de pulpes de fruits surpressés...

C. Veggielicious ou le pouvoir aux protéines végétales

L’utilisation des protéines végétales est en pleine expansion. Elles sont présentes principalement dans les rayons “traiteur”, épicerie sucrée et boulangerie-viennoiserie-pâtisserie. Les principales sources de protéines végétales sont les légumineuses (soja, pois, fève, lupin) et les céréales (blé, orge, millet...). Cette croissance fait écho à un marché de régimes alimentaires particuliers

(véganisme*, végétarisme*, flexitarisme*) mais restent encore minoritaires. Les protéines végétales sont utilisées comme alternatives aux produits laitiers, au poisson et à la viande.



Actuellement, la part de marché mondial et celle européenne des substituts de viande représentent respectivement 1 et 5 %. En pleine croissance, le marché des substituts de viande devrait atteindre en 2029 : 10 % du secteur agro-alimentaire carné mondial avec un chiffre d'affaire estimé à plus de 125 milliards d'euros. De nombreux mastodontes agro-alimentaires, de la restauration rapide et de la grande distribution jouent leur partition pour devenir des leaders en proposant des assortiments et gammes de substituts diversifiés.

CHAPITRE V : METHODES PRATIQUES D'EVALUATION DES IMPACTS ECOLOGIQUES ET SOCIAUX DES IAA.

V.1. Introduction

Dans le domaine d'évaluation des impacts, il existe classiquement trois types d'évaluation selon la période de l'exercice effectué. Quand elle se fait avant la mise en œuvre de l'action, elle est appelée « Evaluation Ex ante », a mi-parcours ou en cours de l'action elle est qualifiée de mi-parcours et quand elle intervient après la mise en œuvre de l'action elle s'appelle « évaluation ex-post ». Une méthodologie y relative est publiée par Ngendakumana et al. (2013) <http://vertigo.revues.org/13777>.

De fait, en matière d'écologie ou de l'environnement, considérant les enjeux des dangers et risques écologiques en lien avec l'interdépendance des effets globaux et la complexité des interactions entre l'anthroposphère et la biosphère, les experts écologistes actent selon deux principes-clés : le principe de précaution et celui de la prévention en lumière de l'adage rundi qui dit que « Wanka kugarura impene ikiri hafi yamara kurenga imirambi ukabira nkayo » comme pour dire selon l'adage française qui stipule que « vaut mieux prévenir que guérir » afin d'éviter de renforcer la perspective écologique apocalyptique déjà réelle en Afrique et sur toute la planète.

Ainsi, il conviendra de partir de la prospective qui est l'art de l'anticipation pour user des méthodes et outils en cours d'utilisation dans les mécanismes similaires d'Audit des Impacts Environnementaux et Sociaux développés dans le domaine de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles (Ngendakumana S.et Gahungu A., 2020).

V.2. Définitions de quelques éléments clés dans l'évaluation des impacts écologiques

1. Effets environnementaux :

- a. Les changements que les politiques, les plans ou les programmes risquent de causer à l'environnement, y compris les répercussions de ceux-ci soit en matière sanitaire et socio-économique et de patrimoine physique ou culturel, soit sur l'usage courant des terres et de ressources à des fins traditionnelles par les autochtones, soit sur une construction, un emplacement ou une chose d'importance en matière historique, archéologique, paléontologique ou architecturale ;

- b. Les changements susceptibles d'être apporté aux politiques, aux plans ou aux programmes du fait de l'environnement.
2. **Evaluation environnementale** : Processus systématique et global de l'évaluation des effets environnementaux des industries, politiques, plans ou des programmes et de ses solutions de rechange.
3. **Mesure d'atténuation** : Maîtrise efficace, réduction importante ou élimination des effets environnementaux (écologiques) négatifs des industries, des politiques, des plans ou programmes, éventuellement assortie d'actions de rétablissement notamment par remplacement ou restauration, y est assimilée l'indemnisation des dommages causés.

V.3. Evaluation des impacts écologiques des industries agro-alimentaires

V.3.1. Généralités sur le processus d'Evaluation des impacts

Après avoir énoncé les prévisions, il faut ensuite décider si les changements prévus ont réellement de l'importance ou s'ils sont seulement perçus comme étant importants. L'importance des impacts environnementaux est généralement évaluée en fonction de :

- leur portée spatiale (distribution géographique),
- leur durée (court terme ou long terme),
- leur intensité (mesure du niveau de changement pour un paramètre et vérification de dépassement de certains seuils),
- leur réversibilité (réversible ou irréversible) et
- leur sensibilité (ex. : impacts sur une zone sensible dans le pays, telle une réserve naturelle).

En termes de facteurs déterminants, les éléments permettant de déterminer si des impacts écologiques sont négatifs ou non (ACEE 1994) sont présentés comme suit :

- Impacts négatifs sur la santé des écosystèmes incluant les plantes, les animaux et les poissons
- Menace sur des espèces rares ou en voie de disparition
- Réduction de la diversité des espèces ou perturbation des chaînes alimentaires
- Perte ou détérioration d'habitats, incluant la fragmentation des habitats

- Déversement ou rejet de produits chimiques persistants ou toxiques, d'agents micro biologiques, d'éléments nutritifs (comme l'azote ou le phosphore), de radiations ou d'énergie thermique (eaux usées de refroidissement)
- Déclin des populations animales, particulièrement des prédateurs de niveau trophique supérieur et des grandes espèces ou celles dont la durée de vie est longue
- Prélèvement des ressources de l'environnement (ex. : tourbe, charbon)
- Transformation de paysages naturels
- Obstacle aux migrations ou au passage de la faune
- Impacts négatifs sur la qualité ou la quantité des ressources du milieu naturel (ex. : eaux de surface, nappes souterraines)
- Impacts négatifs sur la santé humaine, le bien-être ou la qualité de vie
- Augmentation du chômage ou ralentissement de l'économie
- Changement à l'utilisation actuelle des ressources par les autochtones à des fins traditionnelles
- Impacts négatifs sur le patrimoine historique, archéologique, paléontologique ou architectural
- Perte ou détérioration des espèces ou des ressources commerciales
- Perte pour l'utilisation ou la production future de ressources
- Diminution de l'attrait esthétique ou changement aux attraits visuels (ex. : panorama).

L'évaluation environnementale stratégique aborde généralement les cinq questions suivantes :

1. Quels sont les résultats directs ou indirects potentiels du projet ?
2. De quelle manière ces résultats interagissent-ils avec l'environnement ?
3. Quelles sont la nature et la portée de ces interactions environnementales ou écologiques ?
4. Les effets environnementaux négatifs peuvent-ils être atténués ? Les effets environnementaux positifs peuvent-ils être améliorés ?
5. Quel est l'effet environnemental potentiel global du projet qui subsiste après avoir intégré les mesures possibles d'atténuation ?

Pour juger de l'importance d'un impact, on peut utiliser l'un ou l'autre des critères ci-dessous :

- Comparaison avec les lois, les règlements ou les normes acceptés (le projet satisfait-il aux exigences juridiques, dépasse-t-il les normes ?)
- Référence à des critères prédéfinis (comme des seuils, des relations dose - effet, etc.), pour le maintien des sites et des espèces protégés, ou la survie des populations se reproduisant localement
- Conformité aux objectifs des politiques gouvernementales
- Assentiment collectif (acceptabilité par la communauté locale ou le grand public).

V.3.2. L'évaluation environnementale dans le concret ?

En général, une évaluation environnementale est un processus ayant pour objet de prévoir les effets environnementaux d'un projet ou de toute autre initiative proposée avant de le mettre en œuvre.

Une évaluation environnementale sert :

- ☞ Cerner les effets environnementaux possibles
- ☞ Proposer des mesures d'atténuation des effets nocifs ; et
- ☞ Prévoir s'il y aura des effets environnementaux négatifs importants même après la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

On confond souvent d'autres études environnementales avec l'évaluation environnementale.

Une évaluation environnementale n'est pas par exemple :

- *Une évaluation environnementale d'un terrain*, qui est utilisée pour déterminer la nature et la quantité de produits contaminants sur un terrain particulier.
- *Une vérification environnementale*, qui est utilisée pour évaluer la gestion de l'environnement et la conformité aux règlements d'une exploitation particulière.

Très souvent, dans l'évaluation environnementale d'un projet, on insinue l'évaluation d'impacts environnementaux que ce projet peut provoquer. C'est d'ailleurs les préoccupations de tout le monde qui s'intéresse aux effets d'un projet ou d'un programme initié.

V.3.3. Qu'est ce que l'évaluation des impacts environnementaux et Sociaux (EIES) ?

Qu'est-ce que l'EIES ?

L'ÉIES est un outil de gestion visant à s'assurer que les questions environnementales soient prises en compte au début du processus de planification d'un projet, tout comme le sont de façon traditionnelle les aspects techniques et économiques. Le processus d'EIES **définit, prévoit, interprète et communique des renseignements sur les impacts d'un projet proposé sur le milieu naturel** (air, eau, sol, plantes et animaux) ainsi que sur le milieu humain (social, économique et culturel). Il cherche des moyens d'optimiser les avantages d'un projet pour la compagnie, d'en éviter ou d'en réduire les impacts inacceptables, et d'en accentuer les effets bénéfiques pour le milieu hôte.

L'EIES est également un outil d'aide à la décision dans la mesure où elle favorise l'étude de diverses manières de mener un projet à bien et d'arriver à une solution «préférable». **L'EIES constitue enfin un cadre pour recueillir et documenter les connaissances et les opinions du public et des parties prenantes.** C'est pourquoi elle permet aux décideurs de faire des choix éclairés et judicieux sur le plan environnemental.

Pourquoi l'EIES ?

Aujourd'hui, la plupart des organismes internationaux de financement qui soutiennent des projets de développement ont intégré une obligation d'évaluation des impacts environnementaux dans leur procédure d'approbation des projets. Dans plusieurs pays, la loi exige également qu'une EIES satisfaisante ait été effectuée avant la mise en œuvre de projets susceptibles de porter atteinte à l'environnement. « L'évaluation des impacts environnementaux et Sociaux (EIES) est obligatoire, sous une forme ou sous une autre, dans plus de la moitié des pays du monde. » (Ortolano et Shepherd ,1995).

L'EIES vise à éviter ou à minimiser les impacts environnementaux potentiellement négatifs et à rehausser la qualité globale d'un projet. Le processus d'EIES permet de traiter les enjeux environnementaux en temps opportun et d'une manière rentable pendant la conception, la préparation et la mise en œuvre d'un projet. L'EIES peut donc contribuer à réduire les coûts globaux d'un projet, à réaliser les projets dans les délais prévus et à concevoir des projets acceptables pour les parties prenantes.

Voici les principaux avantages de l'EIES (PNUE 1996) :

- ☞ Réduction des coûts du projet à long terme (moins de changements ou d'ajouts coûteux à une étape avancée du projet, probabilité moindre de catastrophes écologiques, de poursuites judiciaires ou de mesures correctives coûteuses)
- ☞ Acceptation accrue du projet par le public et les principales parties prenantes
- ☞ Meilleure conception du projet et meilleure sélection d'un site
- ☞ Prise de décisions plus éclairées et responsables
- ☞ Décisions plus soucieuses de l'environnement
- ☞ Responsabilité et transparence accrues pendant le processus de développement
- ☞ Meilleure intégration des projets dans leurs contextes environnemental et social
- ☞ Réduction des atteintes à l'environnement (mesures d'atténuation planifiées et mises en œuvre à temps pour minimiser les impacts environnementaux négatifs).

L'évaluation des impacts environnementaux doit commencer dès la conception d'un projet, avant que des décisions irrévocables ne soient prises

En effet, dès que l'on commence à planifier un projet, à chaque phase ou étape du processus de la planification correspondent des stades ou des niveaux d'activités d'évaluation d'impacts environnementaux.

D'une façon schématique on peut représenter ses actions simultanées comme suit :

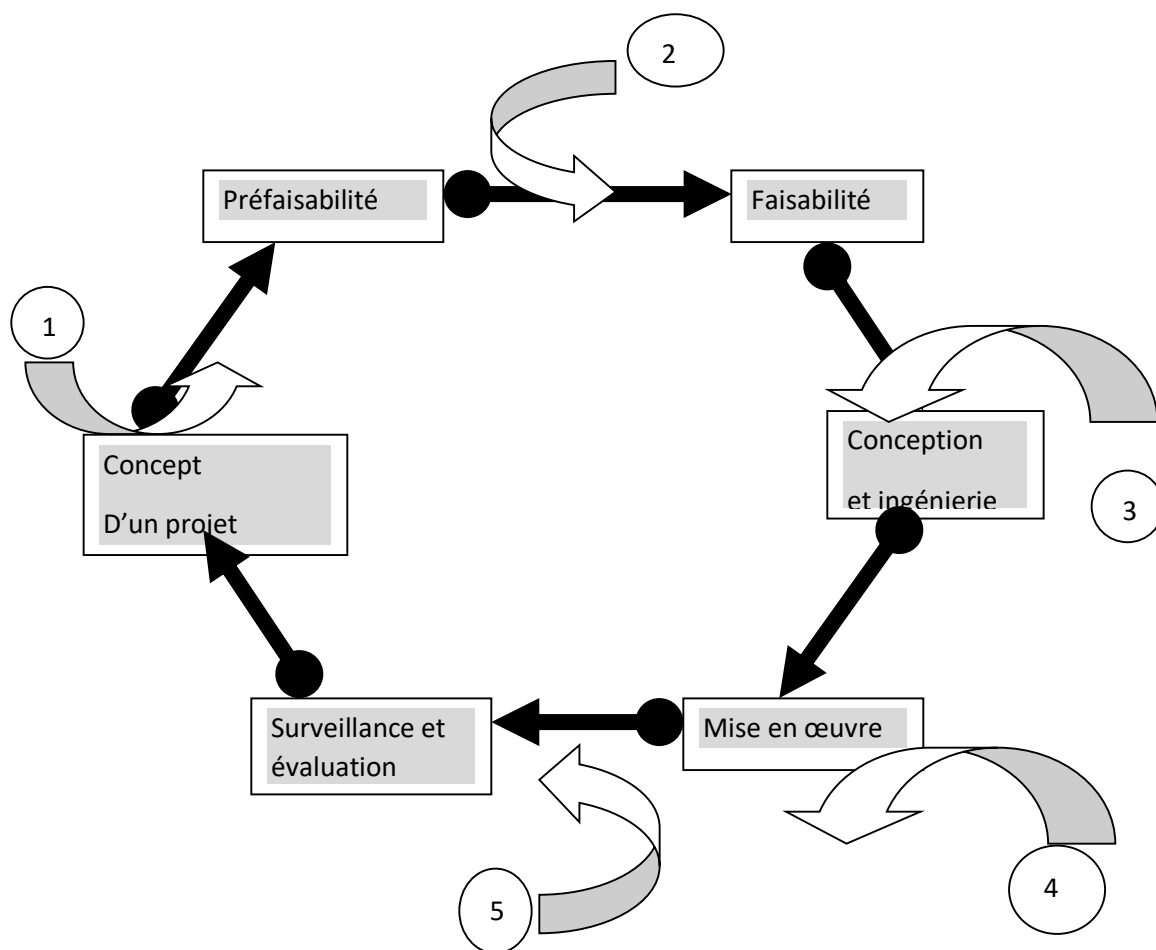


Figure 8 : L'EIE dans le cycle de vie d'un projet (source : adaptée du PNUE, 1988)

- 1 : **Sélection du site, évaluation préliminaire, cadrage**

- 2 : **Evaluation détaillée des impacts importants, détermination des besoins d'atténuation, éléments d'aide à la décision.**

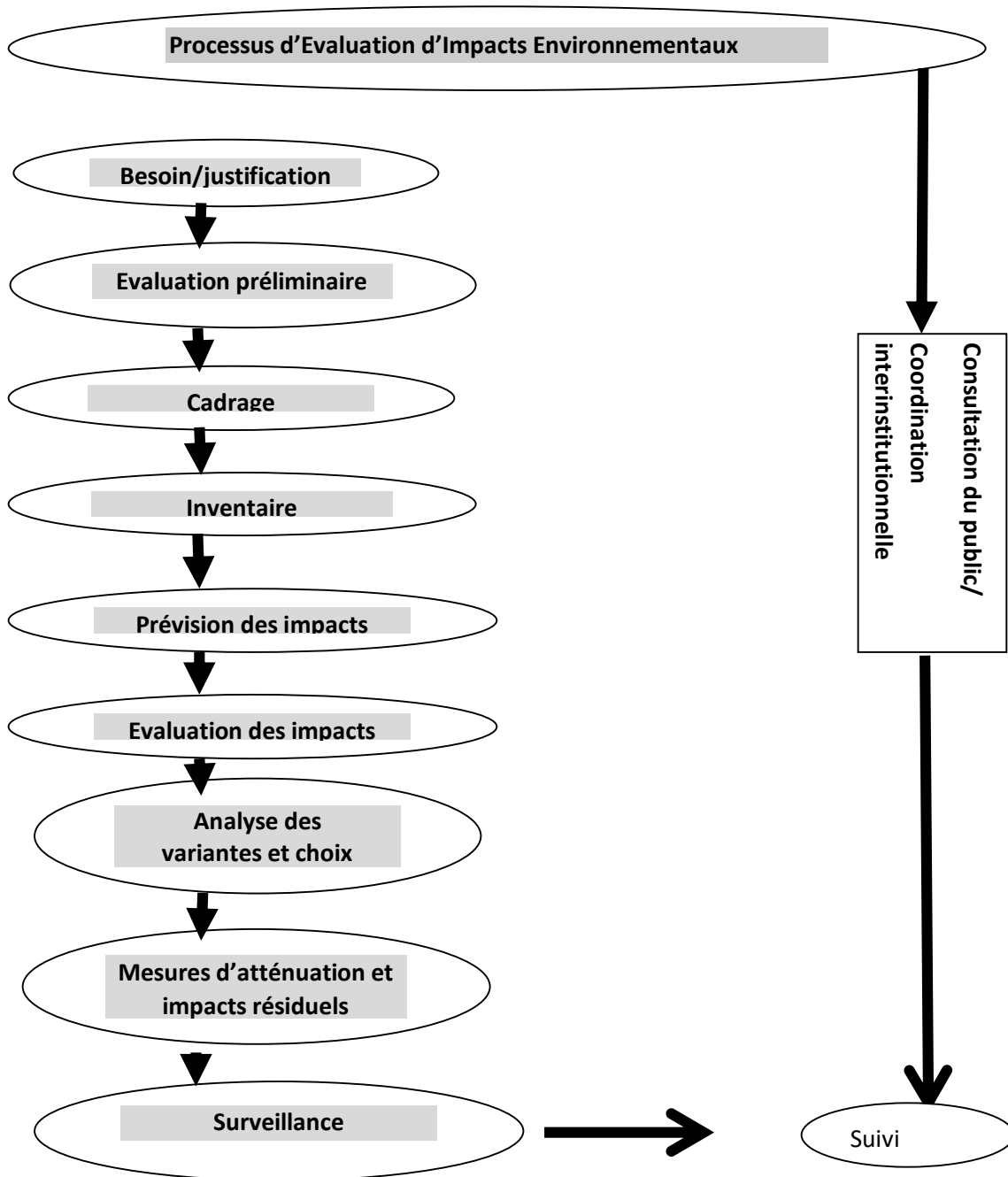
- 3 : **Conception détaillée des mesures d'atténuation et de compensation**

- 4 : **Application des mesures d'atténuation et du programme de surveillance environnementale**

- 5 : **Suivi environnemental et vérification ultérieure (leçons à tirer pour des projets futurs).**

V.3.4. Processus d'évaluation d'impacts environnementaux (ou écologiques)

Comme pour le processus de planification d'un projet voyons en détail ce qu'on doit faire parallèlement dans le processus d'évaluation d'impacts environnementaux en ses différentes phases et étapes de ce procédé.



Le processus d'EIE est conçu pour répondre aux questions clés ci-dessous. Il doit fournir une justification et des données pour appuyer les décisions liées au projet.

1. Besoin / justification

- Quel est le besoin ou le problème à résoudre ?
- Quelles sont les options ou les variantes offertes pour résoudre le problème ?
- Quelles sont les conséquences environnementales de ces options ou de ces variantes ?
- Quelle est l'option ou la variante préférable ? Pourquoi ?

2. Évaluation préliminaire (screening)

- Une ÉIE complète est-elle nécessaire ?

3. Cadrage de l'EIE (scoping)

- Sur quoi devrait porter l'EIE ?

4. Prévion des impacts

- Quels sont les impacts environnementaux associés à la mise en oeuvre de ce projet et de ses différentes variantes ?

5. Évaluation des impacts

- Quelle est l'importance des impacts ?

6. Analyse des variantes et choix

- Parmi les variantes de projet, laquelle est préférable ?
- Les avantages du projet proposé l'emportent-ils sur les impacts résiduels potentiels ?

7. Atténuation

- Y a-t-il des mesures d'atténuation qui pourraient réduire les impacts globaux du projet ?

8. Surveillance et suivi

- Le projet est-il mis en œuvre d'une façon acceptable sur le plan environnemental ?
- Les impacts ont-ils été prévus adéquatement ?
- Y a-t-il eu des impacts imprévus ?
- Les mesures d'atténuation ont-elles été efficaces ?

La consultation du public et des parties prenantes ainsi que la coordination interinstitutionnelle sont importantes à toutes les étapes du processus d'EIES.

V.3.4.1. Besoin / justification du projet

D'abord et avant tout, un promoteur doit convaincre les parties prenantes que le projet envisagé est justifié. Le processus d'EIES commence par définir le problème à résoudre. On parle souvent du « besoin » d'entreprendre un projet. Pour répondre à ce « besoin », différentes options doivent être envisagées et évaluées.

L'évaluation des différentes options s'effectue de manière systématique et itérative, en tenant compte de critères techniques, environnementaux et économiques. Le PNUE désigne cette évaluation des différentes options de projet sous le nom d'approche par paliers (figure 9).

Dans certains cas, la définition du besoin résulte d'une opportunité de tirer parti de certaines circonstances (ex. : un organisme de financement disposé à soutenir le développement dans un lieu donné). Il faut quand même effectuer une EIES pour évaluer la viabilité et l'acceptabilité de telles opportunités.

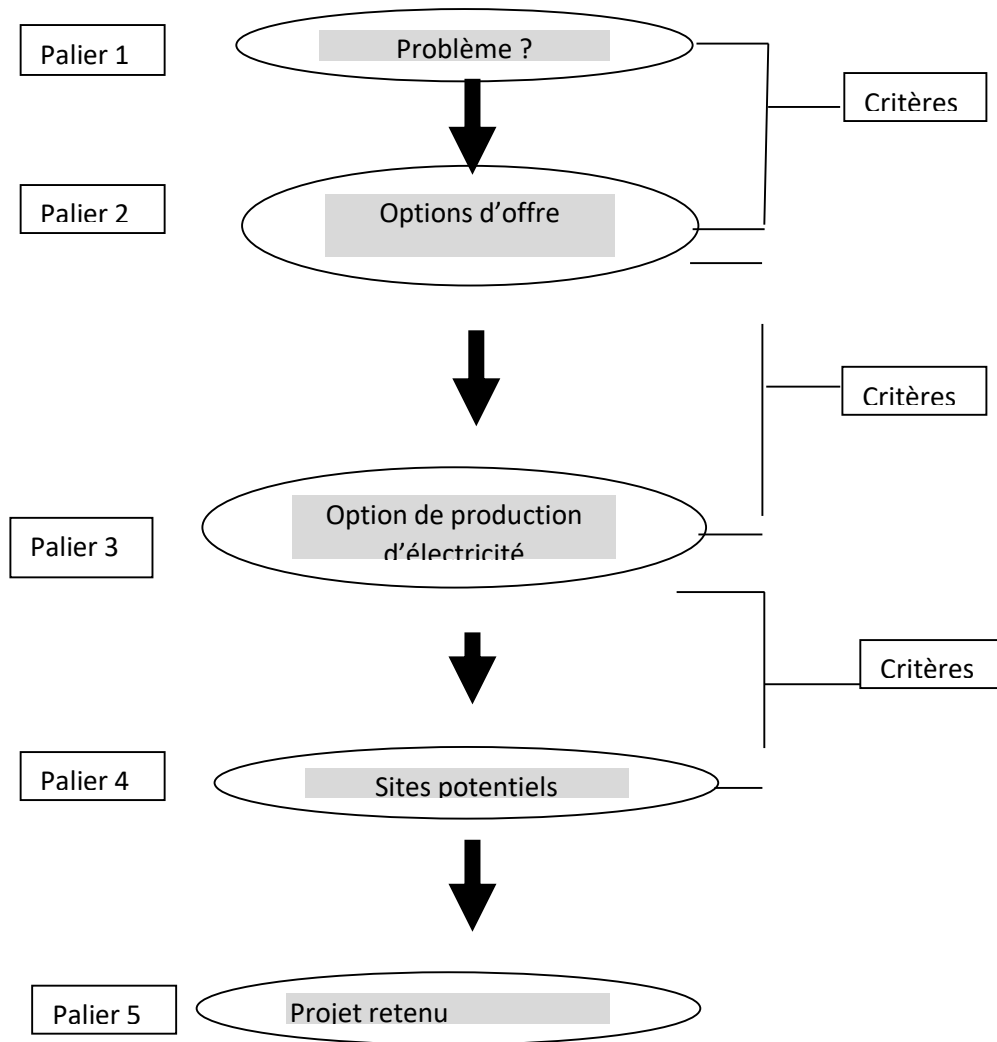


Figure 9 : Approche par palier pour l'évaluation des différentes options de projet

Palier n°1. : Problème à résoudre

Dans le secteur de l'énergie, un «problème » fréquent consiste à alimenter en énergie un établissement résidentiel ou industriel dans un délai donné.

Le premier palier d'évaluation porte sur trois possibilités de solution au problème :

- Ne rien faire

- Éliminer le besoin d'énergie additionnelle en économisant de l'énergie ailleurs (conservation de l'énergie, gestion de la demande)
- Fournir l'énergie additionnelle

Habituellement, l'option de ne rien faire est rapidement écartée, mais elle sert à illustrer l'envergure du problème défini, c'est-à-dire les conséquences de ne pas fournir l'énergie demandée. Cet exercice permet aussi de démontrer qu'il est réellement nécessaire de passer à l'action.

Palier 2. : Options de demande et d'offre

Au second palier, on évalue les options d'offre et de demande dans le contexte de ce qui est possible et préférable dans le pays, et en tenant compte des impacts économiques, sociaux et environnementaux de telles options.

En déterminant et en analysant dès le départ les impacts environnementaux et sociaux d'une vaste gamme d'options énergétiques, un promoteur peut trouver la solution la plus durable pour résoudre le problème ou tirer parti d'une opportunité, et ce, avant d'avoir à engager beaucoup de temps, d'argent et de ressources.

Si la pénurie prévue ne peut être comblée par des programmes de conservation accrue (pour des raisons de coûts ou de technologie, par exemple), il faudra trouver une nouvelle source d'énergie. Parmi les sources d'énergie possibles, on pourra envisager le pétrole, le charbon, l'hydroélectricité ou d'autres sources d'électricité, comme l'optimisation des équipements en place. Chacune d'elles devra être évaluée en fonction de ses impacts économiques, sociaux et environnementaux.

À cette étape, les données environnementales portent sur des enjeux définis dans leurs grandes lignes plutôt que sur des impacts précis, contrairement à ce qui sera nécessaire plus tard dans le processus d'EIES.

Palier 3 : Options de production d'électricité

Si on choisit l'électricité comme source préférable d'approvisionnement énergétique, on doit alors évaluer les différentes possibilités de produire cette électricité. On peut envisager les options suivantes :

- Ressources énergétiques renouvelables (hydroélectricité, solaire, éolienne, biomasse, géothermique, marémotrice, etc.)
- Combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon)
- Centrale nucléaire
- Achats d'électricité des pays voisins.

À cette étape, chaque option est encore une fois évaluée selon une série de critères techniques, économiques et environnementaux. Les différentes options sont rejetées ou retenues en fonction de cette évaluation. Chaque situation est unique et doit être jugée selon sa propre valeur.

Palier 4 : Sites potentiels

L'étape ou le palier qui suit consiste à déterminer les sites ou les emplacements potentiels d'une installation. Par exemple, si la production hydroélectrique a été retenue comme option préférable, il faut alors évaluer les ressources hydroélectriques, des grands bassins hydrographiques, puis déterminer le potentiel de développement ultérieur de chaque bassin. On détermine les sites potentiels dans chaque bassin et on prépare des études de conception.

Ces études de conception fournissent des renseignements importants pour évaluer certaines caractéristiques environnementales de chaque projet proposé, notamment la zone inondée potentielle et la perte d'habitats riverains. Les renseignements sur les zones inondées peuvent servir à évaluer de façon préliminaire les répercussions environnementales et sociales de chacun des projets proposés, par exemple le nombre de personnes touchées par les inondations.

Le choix du meilleur site potentiel peut être considéré comme la plus importante mesure d'atténuation du projet. Les indicateurs suivants sont souvent proposés afin de comparer des sites potentiels pour un projet hydroélectrique :

- Dimension du réservoir

- Nombre de personnes à déplacer
- Durée de rétention de l'eau dans le réservoir
- Quantité de biomasse inondée
- Longueur de rivière inondée
- Nouvelles routes d'accès en forêt

Palier 5 : Projet retenu

À la fin de ce processus de sélection d'un site, on a un « projet », c'est-à-dire une option préférable de développement (l'hydroélectricité, dans notre exemple), un site potentiel dans un bassin hydrographique précis, et une étude de conception spécifique de développement hydroélectrique (par exemple, au fil de l'eau ou création d'un réservoir).

V.3.4.2. Evaluation préliminaire (screening)

Après avoir défini un projet, il importe de déterminer si une EIES exhaustive est nécessaire pour en évaluer les impacts. L'évaluation préliminaire est le processus qui permet de déterminer le niveau et le type d'EIES appropriés pour un projet donné, selon ses impacts environnementaux probables.

Il est important de réaliser des EIES exhaustives pour des projets qui risquent d'avoir des impacts importants et irréversibles. Il est donc essentiel d'avoir une méthode pour procéder à une évaluation préliminaire systématique des projets potentiels. Les projets susceptibles de causer peu d'impacts ne nécessitent pas d'EIES approfondies; ils peuvent en être exemptés ou faire l'objet d'évaluations à portée limitée comme les évaluations environnementales sommaires, les avis environnementaux ou les rapports d'opinion environnementale. Ces méthodes permettent de procéder à une évaluation environnementale mieux ciblée en matière de contenu, d'échéancier et de coût.

Dans les cas où la procédure d'EIES est établie, la méthode d'évaluation préliminaire est généralement fixée par des règlements ou des directives. Toutes les méthodes d'évaluation préliminaire exigent des renseignements sur le projet et toutes font intervenir des jugements de valeur à un moment ou à un autre de leur développement.

L'évaluation préliminaire d'un projet peut s'effectuer de différentes façons, par exemple :

- Évaluation par rapport à des critères simples comme la taille, l'emplacement ou le coût
- Comparaison de la proposition de projet avec des projets de même type qui nécessitent rarement une ÉIES exhaustive ou qui en exigent toujours
- Listes de ressources (ex. : forêts pluviales), de problèmes environnementaux (ex. : érosion du sol, déboisement) et de sujets particulièrement importants ou de nature délicate (ex. : parcs nationaux) permettant de juger si les activités qui touchent les éléments de ces listes ont des impacts environnementaux importants et nécessitent une ÉIE
- Estimation des impacts généraux d'un projet proposé et comparaison de cette estimation avec les enseignements tirés de projets semblables
- Analyse fondée sur des données existantes et facilement accessibles

La responsabilité de l'évaluation préliminaire varie selon les directives et les règlements en vigueur. Lorsque la réglementation exige l'exercice d'un pouvoir discrétionnaire, le décideur (ex. : le gouvernement) souhaite généralement y prendre part ou avoir la possibilité d'influer sur les résultats. Lorsque la réglementation contient des listes de projets assujettis, il peut être possible pour les promoteurs d'examiner eux-mêmes leurs propositions.

L'évaluation préliminaire doit avoir lieu aussitôt que possible dans le cheminement du projet pour que les promoteurs soient au courant de leurs obligations avant d'engager des fonds pour la conception et le développement du projet. L'évaluation préliminaire mène généralement à l'un des trois résultats suivants :

1. Lorsque des enjeux importants sont soulevés ou lorsque les impacts d'un projet sont très incertains, une ÉIES exhaustive est nécessaire.
2. Si les impacts environnementaux d'un projet sont connus et peuvent facilement être atténués, une étude environnementale et un plan d'atténuation plus limités peuvent suffire.
3. Si l'évaluation préliminaire ne soulève aucun enjeu, il n'est pas nécessaire de continuer l'analyse environnementale et le projet peut se poursuivre sans ÉIES.

Questions à s'inspirer pour bien mener une exploration préliminaire

- ☞ Quel est l'objet du projet (politique, plan ou programme) ?
 - Le projet porte-t-il surtout sur de grandes orientations générales ?
 - Porte-t-il sur des mesures opérationnelles ou les englobe-t-il expressément (p. ex. projets) ?
- ☞ Quelle est la zone visée (région ou secteur) par le projet ?
 - Est-ce un secteur dont on sait qu'il a ou aura probablement des effets sur l'environnement (p. ex. énergie, transport, logement, agriculture) ?
 - Y a-t-il des éléments qui auront des effets cumulatifs ou à long terme sur l'environnement (p. ex. commerce, diversification industrielle, développement de la technologie) ?
- ☞ Quelles sont les considérations environnementales soulevées par le projet ? Semble-t-il probable :
 - Qu'il sera à l'origine d'activités ayant des effets environnementaux directs ou évidents ?
 - Qu'il aura des conséquences générales pour l'environnement ou posera des problèmes dont il faudrait tenir compte ?
 - Qu'il aura des conséquences marginales ou nulles pour l'environnement ?

V.3.4.3. Cadrage (Scoping)

Le cadrage est la première étape de la phase d'évaluation du projet dans le processus d'EIES et il doit s'effectuer peu de temps après la définition de la proposition de projet. Le cadrage vise avant tout à **déterminer les enjeux qui ont de l'importance dans la prise de décisions relatives au projet**. Il sert également à définir les exigences et les limites de l'EIE. Le résultat de cet exercice devient la base des étapes ultérieures de l'évaluation environnementale. Le cadrage permet d'identifier les enjeux et les préoccupations des parties prenantes tôt dans le processus de planification, et de concevoir un programme de travail adéquat. Les parties prenantes sont habituellement le promoteur du projet, les autorités de réglementation, les leaders

communautaires, les agences de financement, les institutions scientifiques, les organisations non gouvernementales (ONG), et le grand public.

Le cadrage vise à :

- Identifier les parties prenantes au projet
- Déterminer les sources d'information existantes et les connaissances locales
- Informer les parties prenantes à propos de l'EIES et de ses objectifs, et solliciter leurs commentaires sur l'EIES
- Définir les principaux enjeux environnementaux (communautaires et scientifiques) liés au projet ainsi que leur importance relative
- Définir un programme de travail pour l'EIES, y compris un plan pour faire participer le public et les parties prenantes
- Définir des variantes de projet à évaluer
- Convenir des méthodes et des techniques utilisées dans le cadre de l'EIE
- Préciser les limites spatiales et temporelles de l'EIES (zones d'études)
- Établir la table des matières du rapport d'EIES.

Le cadrage aide à cibler les travaux d'EIES sur la collecte et l'analyse de données pertinentes ainsi que sur l'évaluation d'éléments environnementaux significatifs. Il en résulte un programme de travail bien orienté et rentable. À défaut de consulter le gouvernement et le public au moment d'établir le cadrage, on s'expose à des critiques ultérieures quant aux prévisions des impacts, ainsi qu'à des risques de retard dans le développement du projet.

Le cadrage présente les avantages suivants :

- Amélioration de la qualité des données d'EIES en axant les efforts scientifiques et l'analyse sur les enjeux véritablement importants
- Intégration des enjeux environnementaux dès le début du processus de planification, en même temps que les facteurs de coût et de conception
- Réduction de l'ampleur et du coût des EIES ainsi que du temps consacré à rédiger les documents d'EIES

- Assurance que les travaux de recherche et d'analyse ne portent pas sur des enjeux sans importance
- Réduction de la possibilité d'omettre des enjeux importants
- Diminution des risques de délais et de conflits susceptibles d'apparaître plus tard dans le processus d'EIES en impliquant les parties prenantes dans une démarche participative et constructive dès le début de l'EIES.

Le travail de cadrage peut s'effectuer par étape. Le promoteur du projet amorce d'abord l'analyse des enjeux. Cet exercice se poursuit ensuite pour inclure les préoccupations des autorités, des experts techniques, des leaders communautaires, et enfin du grand public et des autres parties prenantes, avant de mettre la dernière main aux plans et aux programmes de travail subséquents.

Parmi les méthodes de cadrage, on compte les suivantes :

- Examen d'EIE pour des projets similaires, dans des environnements comparables
- Listes de contrôle, matrices, réseaux, cartes superposées, techniques d'évaluation et de modélisation (hypothèses sur les effets)
- Méthodes de participation du public, incluant des réunions publiques, la constitution de réseaux, les portes ouvertes et les conseils consultatifs
- Méthodes de groupe comme les réunions interactives, la méthode Delphi et les ateliers

L'expérience a démontré la grande efficacité des ateliers pour établir le cadrage dans le cas de projets de grande envergure. Les ateliers réunissent habituellement de 20 à 25 personnes représentant les experts techniques, les gestionnaires et les décideurs, et incluent du personnel des organismes de réglementation, les leaders des communautés ainsi que le promoteur. Ils durent environ trois ou quatre jours pour une grande centrale de production. L'atelier commence par une séance de « remue-méninges » pour créer une liste d'enjeux et d'impacts potentiels et préciser l'information disponible. Ensuite, on définit les priorités en matière de besoins d'information et d'études nécessaires.

L'établissement du cadrage est en partie un processus de négociation. Chaque enjeu soulève toujours des questions comme le type et la quantité de données à recueillir, l'importance des

données, l'importance de l'enjeu, etc. Toutes ces questions peuvent donner lieu à des débats et à des conflits. Il n'y a pas de « bonnes » réponses, mais seulement une succession de jugements que le promoteur doit s'efforcer de porter en tenant compte des ressources disponibles pour l'étude (temps et argent) et des préoccupations légitimes des parties prenantes.

Les ateliers favorisent dès le départ la participation et le soutien du personnel gouvernemental et peut faciliter le travail d'approbation du projet par les autorités responsables. C'est également l'occasion de nouer des relations positives et constructives avec les parties prenantes, de comprendre leurs préoccupations et d'amorcer un processus de communication.

Les résultats du travail de cadrage sont présentés dans un document, ou cadre de référence, qui décrit le programme de travail proposé. Ce document constitue le fondement de l'étude d'EIE et de la rédaction du document d'EIE. Le promoteur peut vouloir soumettre un document préliminaire à l'examen du gouvernement et du public avant de publier la version définitive. Le document présentant les résultats du cadrage peut devenir un élément crucial en cas de conflit entre les parties prenantes pendant l'étude d'EIE. Il peut servir à remettre l'étude sur la bonne voie à l'aide du cadre de référence accepté au départ, ce qui permet de gagner du temps et de l'argent.

V.3.4.4. Inventaire des données de base

Les directives précisent généralement qu'un document d'évaluation des impacts environnementaux doit contenir une description de l'environnement existant qui serait affecté directement ou indirectement par le projet proposé, ou qui pourrait l'être. On entend par environnement les milieux naturel, culturel et socio-économique ainsi que leurs relations mutuelles. Il ne s'agit pas de définir toutes les conditions de base, mais d'axer la collecte et l'analyse des données sur les conditions importantes pour déterminer et évaluer les impacts et prendre des décisions.

Le terme « données de base » désigne l'état initial, avant le développement proposé, avec lequel les changements ultérieurs pourront être comparés. L'étude des données de base vise les objectifs suivants :

- Préciser les conditions environnementales qui pourraient influencer sur la conception du projet (ex. : aménagement du site, caractéristiques structurelles ou opérationnelles)
- Déterminer les enjeux ou les éléments sensibles du milieu exigeant des mesures d'atténuation ou de compensation
- Fournir des données aux modèles analytiques utilisés pour prévoir les impacts
- Fournir des données de base auxquelles les résultats du programme de suivi environnemental à venir pourront être comparés.

Liste type des éléments d'inventaire du milieu :

□ *Milieu naturel*

- terrestre
 - géologie, géomorphologie
 - utilisation du sol, végétation,
 - faune et habitat
- aquatique
 - hydrologie, qualité de l'eau,
 - faune et habitat
- atmosphérique
 - météorologie, qualité de l'air, bruit

□ **Milieu humain**

- Milieu socioéconomique
 - démographie et population,
 - histoire, structure économique,
 - main-d'oeuvre disponible / emploi,
 - offre de logements, services communautaires et sociaux,
 - dynamique sociale et culturelle

- Infrastructure
 - transport routier, aéroport, télécommunication,
 - centrale, ligne et poste,
- Utilisation des ressources
 - récréative et touristique,
 - agricole, pêcheries, navigation,
 - faune (chasse, piégeage), foresterie,
 - exploitation minière
- Patrimoine et archéologie
- Paysage

V.3.4.5. Prévion des impacts

La prévion des impacts est l'étape la plus difficile et la plus controversée du processus d'EIE. Les projets de développement peuvent amorcer des chaînes d'événements complexes susceptibles d'affecter l'environnement. Il existe des méthodes fiables pour définir certains paramètres environnementaux, comme les impacts sur la qualité de l'eau, tandis que d'autres prévions, comme les impacts sur le paysage, peuvent être une question de jugement professionnel.

La prévion des impacts tente de répondre aux questions suivantes :

- Comment une activité précise, dans le cadre d'un projet, produira-t-elle un impact ?
- Quelles sont les probabilités que cet impact se produise ?
- Quelle sera l'importance de chaque impact ?
- Quelles seront les portées spatiale et temporelle de chaque impact ?

Un impact environnemental se définit comme une réaction à un changement dans l'environnement résultant d'une activité liée à un projet. On distingue fréquemment les impacts directs et indirects, mais l'EIE couvre les deux types d'impact.

Les impacts directs sont les modifications physiques immédiates à l'environnement qui découlent d'une activité par une relation directe de cause à effet. Par exemple, la mise en eau d'un réservoir peut provoquer la libération de méthylmercure dans l'eau.

Les impacts indirects sont produits ou stimulés par le projet, mais ne peuvent y être reliés par une relation directe de cause à effet (ex. : la construction d'un chemin d'accès dans une région éloignée peut engendrer un développement secondaire le long de la route).

La prévision des impacts doit aussi porter sur les impacts cumulatifs d'une installation dans un environnement donné. Une EIE doit inclure les impacts cumulatifs, qui risquent de résulter du projet, combinés à ceux d'autres projets ou activités, existants ou planifiés, de même nature ou différents.

On conçoit souvent les impacts environnementaux comme étant isolés ou distincts les uns des autres. En réalité, ils sont en interrelation dans le temps et dans l'espace. C'est pourquoi l'analyse des impacts environnementaux cumulatifs exige une « approche systémique » intégrant les éléments suivants :

- Frontières temporelles et géographiques
- Interactions entre les impacts environnementaux du projet
- Interactions entre les impacts environnementaux du projet et ceux d'autres projets ou activités

Il est essentiel d'envisager les impacts environnementaux pendant la construction, la mise en service et l'exploitation de chaque variante de projet. Les EIE sont souvent axées sur l'exploitation d'une installation, mais les activités de construction peuvent elles aussi avoir des impacts importants et elles ne doivent pas être négligées.

Il convient de définir et d'évaluer les impacts positifs et négatifs du projet sur les milieux naturel et humain (ou social). Bon nombre d'EIE omettent d'accorder de l'importance aux questions sociales et culturelles au moment de la prévision des impacts. Cela est regrettable car les impacts socioculturels ont souvent une forte corrélation avec les changements dans le milieu naturel et seront le plus vivement ressentis dans la vie quotidienne de la communauté locale (ex. : perte de la pêche ou d'une autre source de nourriture en raison de l'accumulation de méthylmercure).

Il faut donc, si possible, inclure dans chaque analyse et évaluation des changements biophysiques les impacts socioculturels tels :

- Impacts sur la santé humaine
- Impacts sur les conditions socioéconomiques
- Impacts sur le patrimoine physique et culturel, y compris les impacts sur les éléments ayant de l'importance sur le plan archéologique, paléontologique ou architectural
- Impacts sur l'utilisation actuelle du sol et des ressources à des fins traditionnelles par les peuples autochtones ou groupes distincts.

Il faut évaluer rigoureusement les portées spatiale et temporelle des impacts pendant la prévision.

Pour être utiles aux décideurs, les prévisions des impacts doivent habituellement :

- Contribuer à la prise de décisions éclairées (ex. : évaluation des différentes variantes de projet, nécessité et conception de mesures de protection ou d'atténuation environnementales)
- Comporter une estimation de l'incertitude des prévisions
- Être vérifiables dans le cadre d'un programme de suivi environnemental

La prévision des impacts s'effectue en deux étapes :

On commence par identifier les impacts et les liens permettant de relier les activités du projet aux éléments de l'environnement; ensuite, des modèles ou d'autres méthodes analytiques sont mis au point et appliqués dans le but de quantifier ou d'estimer les impacts environnementaux potentiels.

Détermination des impacts

Durant cette étape, on tente de répondre à la question suivante :

Que se passera-t-il à la suite de ce projet ?

Les liens entre les sources d'impact et les éléments du milieu pouvant être affectés sont alors définis.

L'une ou l'autre des méthodes suivantes permet d'identifier les principaux impacts :

- Compiler une liste des impacts importants à partir de l'analyse de projets antérieurs de même nature dans un contexte environnemental similaire
- Utiliser des listes de contrôle, des réseaux, des matrices ou des cartes superposées pour mettre en corrélation les sources d'impacts et les récepteurs potentiels
- Utiliser des hypothèses sur les impacts pour répertorier les impacts environnementaux potentiels et leurs liens

Une bonne partie de ce travail a probablement déjà été faite lors du cadrage de l'ÉIE lorsque les enjeux critiques ont été définis.

Quantification et estimation des impacts

Après avoir déterminé les principaux paramètres à évaluer, on peut utiliser diverses techniques analytiques pour prévoir les impacts environnementaux potentiels. Les prévisions s'attachent souvent aux impacts en fonction d'un seul paramètre environnemental (ex. : un effluent toxique) puis suivent les impacts subséquents en fonction de plusieurs autres paramètres (ex. : réduction de la qualité de l'eau, impacts économiques sur la pêche et changements socioculturels en découlant).

Parmi les méthodes couramment utilisées pour estimer ou quantifier les impacts environnementaux, citons:

- Tests en laboratoire (ex. : tests de toxicité)
- Tests des hypothèses d'impacts
- Modélisation mathématique (ex. : dispersion atmosphérique, hydrologie et hydrodynamique, qualité de l'eau, qualité des nappes souterraines, érosion et sédimentation, déversements de produits toxique, et analyse de risque)

- Modélisation physique (ex. : maquettes hydrauliques ou tunnels aérodynamiques)
- Simulation par ordinateur (ex. : impacts visuels d'un projet)
- Cartographie thématique (ex. : impacts relatifs à l'utilisation du sol)

Exemple de prévision d'impacts environnementaux :

Elément potentiellement affecté											
Source des impacts	Environnement atmosphérique			Environnement aquatique		Environnement terrestre			Utilisation des ressources		
	Poussière	Bruit	Vibrations	Qualité de l'eau/sédiments	Faune aquatique	Géologie, sols, Hydrogéologie	Végétation	Faune	Aquatiques	Terrestres	Patrimoniales
Accès au site	●	●	●			●					
Préparation du site				●		●	●	●		●	●
Construction de prise d'eau	●	●	●	●	●	●		●	●	●	
Excavation du tunnel/ canal	●	●	●	●	●	●				●	
Elimination des matières d'extraction	●	●	●	●		●	●	●		●	●
Déboisement du réservoir	●	●		●		●	●	●	●	●	●
Construction de la centrale	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Batardeaux et détournement provisoire de l'écoulement		●	●	●	●			●	●	●	

Matrice des impacts environnementaux potentiels lors de la construction d'un projet hydroélectrique

Source : Réseau d'expertise E7 pour l'environnement global, 1997

V.3.4.6. Evaluation des impacts

Après avoir énoncé les prévisions, il faut ensuite décider si les changements prévus ont réellement de l'importance ou s'ils sont seulement perçus comme étant importants.

L'importance des impacts environnementaux est généralement évaluée en fonction de :

- leur portée spatiale (distribution géographique),
- leur durée (court terme ou long terme),
- leur intensité (mesure du niveau de changement pour un paramètre et vérification de dépassement de certains seuils),
- leur réversibilité (réversible ou irréversible) et
- leur sensibilité (ex. : impacts sur une zone sensible dans le pays, telle une réserve naturelle).

Facteurs permettant de déterminer si des impacts environnementaux sont négatifs ou non (ACEE 1994)

- Impacts négatifs sur la santé des écosystèmes incluant les plantes, les animaux et les poissons
- Menace sur des espèces rares ou en voie de disparition
- Réduction de la diversité des espèces ou perturbation des chaînes alimentaires
- Perte ou détérioration d'habitats, incluant la fragmentation des habitats
- Déversement ou rejet de produits chimiques persistants ou toxiques, d'agents microbiologiques, d'éléments nutritifs (comme l'azote ou le phosphore), de radiations ou d'énergie thermique (eaux usées de refroidissement)
- Déclin des populations animales, particulièrement des prédateurs de niveau trophique supérieur et des grandes espèces ou celles dont la durée de vie est longue
- Prélèvement des ressources de l'environnement (ex. : tourbe, charbon)
- Transformation de paysages naturels
- Obstacle aux migrations ou au passage de la faune
- Impacts négatifs sur la qualité ou la quantité des ressources du milieu naturel (ex. : eaux de surface, nappes souterraines)

- Impacts négatifs sur la santé humaine, le bien-être ou la qualité de vie
- Augmentation du chômage ou ralentissement de l'économie
- Changement à l'utilisation actuelle des ressources par les autochtones à des fins traditionnelles
- Impacts négatifs sur le patrimoine historique, archéologique, paléontologique ou architectural
- Perte ou détérioration des espèces ou des ressources commerciales
- Perte pour l'utilisation ou la production future de ressources
- Diminution de l'attrait esthétique ou changement aux attraits visuels (ex. : panorama)

L'évaluation environnementale stratégique aborde généralement les cinq questions suivantes :

1. Quels sont les résultats directs ou indirects potentiels du projet ?
2. De quelle manière ces résultats interagissent-ils avec l'environnement ?
3. Quelles sont la nature et la portée de ces interactions environnementales ?
4. Les effets environnementaux négatifs peuvent-ils être atténués ? Les effets environnementaux positifs peuvent-ils être améliorés ?
5. Quel est l'effet environnemental potentiel global du projet qui subsiste après avoir intégré les mesures possibles d'atténuation ?

Pour juger de l'importance d'un impact, on peut utiliser l'un ou l'autre des critères ci-dessous :

- Comparaison avec les lois, les règlements ou les normes acceptés (le projet satisfait-il aux exigences juridiques, dépasse-t-il les normes ?)
- Référence à des critères prédéfinis (comme des seuils, des relations dose - effet, etc.), pour le maintien des sites et des espèces protégés, ou la survie des populations se reproduisant localement
- Conformité aux objectifs des politiques gouvernementales
- Assentiment collectif (acceptabilité par la communauté locale ou le grand public)

V.3.4.7. Analyse des variantes et choix

Pour arriver à déterminer la solution préférable, on évalue et on compare les différentes variantes de projet en fonction de leurs impacts positifs et négatifs sur l'environnement. Cette évaluation consiste à préciser et à comparer les compromis associés à chaque variante à la lumière des impacts prévus et des mesures d'atténuation proposées.

La participation du public est importante à cette étape et elle doit être organisée pour que les gens puissent contribuer à l'évaluation des variantes et à la définition des compromis. Il faut se rappeler que les décisions prises à la suite d'une ÉIE sont fondées autant sur des jugements subjectifs portés en fonction de valeurs, d'opinions, de croyances et de programmes politiques que sur les résultats des études scientifiques.

Divers outils qualitatifs et quantitatifs servent à évaluer les différentes variantes et à définir le projet préférable. Habituellement, les organismes de financement et de réglementation ne précisent pas quelle méthodologie doit être utilisée pour évaluer les différentes variantes et arriver à la solution préférable, car chaque projet est unique. Toutes les méthodes d'évaluation permettent de classer les variantes par ordre de préférence.

N.B. : L'ÉIE distingue les « différentes options » de projet et les « différentes variantes » de réalisation d'un projet.

Les options de projet sont des moyens différents d'arriver aux mêmes fins. Par exemple, les options possibles d'un projet hydroélectrique sont l'importation ou la conservation de l'énergie, la construction d'une centrale nucléaire ou la production d'énergie à partir de ressources renouvelables comme le vent ou le soleil.

Les variantes de réalisation d'un projet sont des propositions différentes sur le plan technique ou environnemental dans le cadre de l'option retenue. Pour un projet hydroélectrique, les différentes variantes pourraient être la sélection d'un autre emplacement, le choix du nombre et de la taille appropriés de turbines, le recours à un autre scénario d'exploitation, le niveau du réservoir, etc.

V.3.4.8. Mesures d'atténuation et impacts résiduels

Face à des impacts importants, il faut définir et mettre en œuvre des mesures d'atténuation. Ces mesures visent à réduire ou à éliminer la gravité des impacts environnementaux négatifs prévus et à améliorer la performance et l'acceptabilité globales du projet sur le plan environnemental.

Dans le cas où des mesures d'atténuation s'imposent, le promoteur doit s'efforcer d'agir sur les impacts dans l'ordre de priorité suivant :

- 1. Éliminer ou éviter les impacts négatifs**

- 2. Réduire les impacts négatifs**

- 3. Créer d'autres impacts bénéfiques pour contrebalancer en tout ou en partie les impacts négatifs, ou mettre en valeur certains aspects du milieu**

L'atténuation fait partie intégrante de l'évaluation des impacts. Elle vise à trouver de meilleures façons d'éliminer ou de réduire les impacts négatifs du projet et d'en maximiser les avantages. Dès que des impacts négatifs importants sont identifiés, on devrait discuter de la possibilité de les éliminer en modifiant la conception, l'emplacement ou l'exploitation du projet. C'est pourquoi une bonne intégration de l'équipe responsable de l'EIE et des ingénieurs concepteurs du projet revêt beaucoup d'importance.

V.3.4.9. Mise en œuvre de la surveillance environnementale et de suivi

Le processus d'EIE ne s'arrête pas une fois que le projet est approuvé. Pendant la mise en œuvre du projet, le promoteur doit veiller au respect des engagements environnementaux qui ont été pris devant les organismes de réglementation, les agences de financement et les autres parties prenantes.

Il faut rédiger, à l'intention du personnel du projet, des conseillers et des entrepreneurs, les documents de suivi de l'EIES (tels les programmes de surveillance et de suivi des impacts), qui définissent les directives, réglementations et critères environnementaux à respecter dans la conception, la construction et l'exploitation des ouvrages, ainsi que les commentaires ou les conditions particulières imposées par les autorités et les agences de financement durant le processus d'EIES.

Dans le contexte de l'EIES, les programmes de suivi des impacts visent les objectifs suivants :

- S'assurer que l'installation satisfait à toutes les exigences environnementales réglementaires et que les engagements pris dans le document d'EIES et les conditions d'approbation et de financement sont effectivement remplis
- Vérifier les évaluations des impacts environnementaux afin de raffiner les futures EIE
- Évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation en comparant les changements environnementaux réels et prévus de façon à prendre immédiatement des mesures pour atténuer les impacts imprévus
- Rassurer le gouvernement et le public quant à la démarche d'ÉIE utilisée, aux décisions prises, à la conception de l'ouvrage, etc., surtout lorsqu'on est allé de l'avant avec un projet présentant beaucoup d'incertitudes

V.3.5. Outils et méthodes d'EIES

1. Listes de contrôle

Il s'agit de listes des paramètres environnementaux à étudier pour y déceler des impacts éventuels. Ces listes servent de référence initiale pour déterminer les éléments de l'environnement qu'il convient d'étudier dans le cadre de l'ÉIE. L'expérience tirée de projets antérieurs peut servir à préciser les éléments pertinents de l'environnement à inclure dans l'analyse.

Les listes de contrôle n'exigent pas l'établissement de liens directs de cause à effet avec les activités du projet. Elles ne permettent ni de prévoir ni d'évaluer les impacts.

(Exemple : Liste type des éléments d'inventaire du milieu, § 2.2.4.)

2. Matrices

Les matrices sont plus précises que les listes de contrôle car elles lient les impacts possibles à des actions spécifiques et aux activités du projet. Il s'agit de tableaux à deux dimensions montrant les activités associées aux différentes phases du projet sur un axe et les éléments de l'environnement sur l'autre axe (ex. : voir Matrice des impacts environnementaux potentiels lors de la construction d'un projet hydroélectrique, § 2.2.5.)

Les cellules de la matrice peuvent contenir des estimations qualitatives ou quantitatives des impacts. Les matrices simples indiquent seulement qu'un impact est prévu tandis que les matrices plus complexes donnent des estimations de l'intensité et de l'importance des impacts.

3. Réseaux

Les réseaux approfondissent les renseignements contenus dans les matrices. Un diagramme en réseau illustre les liens entre les éléments de l'environnement et donne une idée du fonctionnement d'un écosystème. Pour cerner les impacts de second et de troisième ordre, il est utile de comprendre les interrelations et l'interdépendance dans la chaîne écologique.

Cette compréhension suggère également des effets interactifs, synergiques ou cumulatifs.

4. Cartes thématiques superposées

Il s'agit d'une série de cartes montrant les impacts d'un projet ou les caractéristiques environnementales de la zone d'étude. Ces cartes peuvent être superposées pour produire une caractérisation composite de l'environnement régional. Les cartes thématiques superposées peuvent aider à identifier les zones géographiques particulièrement sensibles sur le plan environnemental et peuvent indiquer visuellement les impacts potentiels.

Les techniques de superposition manuelle constituent un outil d'analyse efficace pour les petits ou les grands projets. Dans le cas de grands projets, lorsque la technologie est disponible, on préfère analyser les cartes superposées à l'aide de systèmes d'information géographique, en raison de leur

capacité de traitement de fichiers énormes contenant plusieurs cartes (ex : superposer les cartes hydrologique > géologique > des sols> de la végétation > topographique).

5. Systèmes d'information géographique

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des systèmes informatiques qui permettent de saisir, de gérer, de manipuler, d'analyser, de modéliser et d'afficher des données spatiales. La Base de données sur les ressources mondiales (GRID) du PNUE est un système mondial de données environnementales qui réunit et traite des informations environnementales géoréférencées et les fournit aux utilisateurs du monde entier. La GRID vise à être un réseau SIG mondial accessible à partir de n'importe quel pays, et utile dans l'EIE de projets particuliers. La technologie SIG sert surtout à la sélection des sites, à la modélisation et à l'aide à la décision.

L'intensité et la portée des impacts prévus influencent le choix des méthodes. En général, même les projets de très grande envergure utilisent des listes de contrôle, des matrices et des diagrammes en réseau pour aider à identifier les éléments pertinents de l'environnement et les liaisons des écosystèmes.

(C'est l'utilisation ou la manipulation informatique des éléments de ces différentes cartes superposées).

V.3.6. Contenu ou table des matières d'un document d'EIE

Table des matières

1. **Sommaire** contenant un bref exposé des principales conclusions et recommandations
2. **Contextes** politique, juridique et administratif de l'EIE
3. **Méthodologie**
4. **Justification du projet**
5. **Description du projet** et des différentes variantes pour le mener à bien, en fonction des contextes géographique, écologique, social et temporel

6. **Description de l'environnement**, notamment les conditions physiques, biologiques, socioéconomiques et d'utilisation des ressources existantes avant le développement du projet
7. **Analyse des différentes variantes** comparant la conception, le site, les options technologiques et opérationnelles de façon systématique (et quantitative si possible) en fonction des impacts environnementaux potentiels, des coûts d'investissement et d'exploitation, de la pertinence et des exigences institutionnelles, de surveillance et de suivi
8. **Analyse des impacts** environnementaux potentiels, positifs et négatifs, qui résulteront probablement du projet proposé et les incertitudes quant à leurs prévisions.
Identification des mesures d'atténuation, des impacts résiduels impossibles à atténuer et des possibilités d'améliorer l'environnement
9. **Programmes de surveillance et de suivi** de l'environnement
10. **Annexes**, incluant une liste des participants à l'EIE et des références, un registre des réunions inter-institutionnelles, les feuillets cartographiques et la description des méthodes d'études spécialisées.

V.3.7. Principes d'EIES : Conséquences et mesures clés

Principe	Conséquences	Mesure
PRINCIPES PORTANT SUR LE FOND OU LE CONTENU		
<p>1. L'EES (Evaluation Environnementale Stratégique) repose sur la notion de durabilité.</p>	<p>L'EES vise à intégrer la notion de durabilité aux objectifs et résultats des politiques, des plans et des programmes (PPP).</p> <p>Les objectifs de durabilité s'appliquent au niveau, à l'ampleur et au secteur des PPP ainsi qu'aux ressources environnementales à préserver.</p> <p>Les objectifs de durabilité devraient être définis avec la participation des intéressés et des personnes touchées.</p> <p>Les objectifs visés et les moyens de mesure sont définis de façon à guider le développement vers la durabilité.</p>	<p>Veiller à ce que la notion de durabilité soit intégrée aux différents niveaux de prise de décisions, dans le contexte géographique des PPP.</p>
<p>2. L'EES définit les occasions et les contraintes que présente l'environnement pour l'élaboration des PPP.</p>	<p>Les ressources de l'environnement (p. ex. eau potable, forêts, sol fertile) nécessaires pour assurer la pérennité des objectifs sont définies. Ces ressources sont maintenues et enrichies au moyen des PPP. L'ordre de priorité des ressources est</p>	<p>Définir les ressources de l'environnement à préserver ou enrichir dans les PPP.</p>

	<p>établi par des méthodes de participation efficaces.</p> <p>Les ressources de l'environnement sont la base permettant de cerner les occasions et les contraintes qui guident la formulation des PPP.</p>	
<p>3. L'EES établit les critères régissant les niveaux de qualité de l'environnement et ou les limites des changements acceptables dans un écosystème (p. ex. préserver un certain nombre d'hectares de forêt pluviale).</p>	<p>Les niveaux des changements acceptables dans les ressources de l'environnement sont déterminés. Le processus tient compte de l'opinion publique et de l'information scientifique.</p> <p>Les PPP sont élaborés de façon à maintenir ou à relever le niveau quantitatif et qualitatif des ressources de l'environnement. La démarche comprend un processus itératif d'élaboration des solutions de rechange et de prévision sur le maintien et l'amélioration des ressources.</p> <p>Des programmes de gestion sont élaborés pour réagir aux effets environnementaux négatifs possibles. Ils sont mis en œuvre si les limites des changements acceptables dans les ressources de l'environnement sont dépassées ou sont menacées de l'être.</p>	<p>Définir le niveau des changements acceptables dans les ressources de l'environnement.</p>

<p>4. L'EES est un processus souple qui peut s'adapter aux PPP ou au cycle d'élaboration.</p>	<p>L'EES est intégrée aux processus existants de formulation et de mise en œuvre des PPP.</p> <p>Il n'y a pas un processus unique d'EES à employer dans tous les contextes, mais des processus différents selon les contextes divers et les tâches stratégiques.</p> <p>L'accent est mis sur la compréhension des modalités de prise de décisions et de formulation des PPP propres au contexte. Les objectifs de durabilité sont alors intégrés au processus à des points clés de la prise de décisions, à tous les divers niveaux et dans l'ensemble de l'élaboration des PPP. L'EES est en interaction constante avec la procédure des PPP de façon itérative.</p>	<p>Intégrer les objectifs de durabilité aux processus des PPP propres au contexte.</p>
---	---	--

PRINCIPES DE PROCEDURE

<p>5. L'EES est un processus stratégique qui commence au moment de la conceptualisation des PPP.</p>	<p>L'EES fait intervenir les objectifs de durabilité au stade le plus précoce de l'élaboration des PPP; à partir de la conceptualisation et à toutes les étapes nombreuses de la prise de décisions.</p>	<p>Intégrer les objectifs de durabilité des PPP, dès l'étape de la conceptualisation.</p>
<p>6. L'EES fait partie d'une approche à plusieurs étapes de l'évaluation environnementale et de la gestion.</p>	<p>L'EES tient compte des plus hauts échelons de la prise de décisions pour donner un contexte aux niveaux inférieurs.</p>	<p>Repérer les PPP qui influencent le maintien et l'enrichissement des ressources de l'environnement qui ont été identifiées.</p>

	Des liens sont établis entre les divers niveaux de prise de décisions.	
7. La portée de l'EES est définie dans le contexte plus large du processus environnemental. Elle doit tenir compte des considérations locales, régionales et nationales.	L'EES n'est pas limitée à un seul lieu. Elle tient compte des liens locaux, régionaux, nationaux et internationaux importants.	Quels sont les processus politiques, socioéconomiques et biophysiques qui influencent le maintien et l'amélioration des ressources de l'environnement identifiées ?
8. L'EES est un processus participatif.	Les modalités de participation sont adaptées au contexte sociopolitique particulier des PPP. La participation devrait guider et améliorer l'ensemble du processus d'EES, notamment en ce qui concerne les objectifs de l'EES liés à la portée et à la durabilité.	Définir le niveau et le type de participation qui convient le mieux pour permettre aux parties intéressées d'intervenir dans le processus à un niveau qui correspond à leurs besoins et à leurs ressources.
9. L'EES se situe dans un contexte de divers scénarios possibles et utilise les principes de l'analyse de rentabilité.	Les scénarios, visions et des possibilités de PPP sont élaborés de façon participative. Les PPP sont évalués du point de vue de la capacité de maintenir et d'enrichir les ressources de l'environnement qui ont été définies.	Définir les possibilités de PPP qui maintiendront et enrichiront le plus efficacement les ressources de l'environnement qui ont été définies.
10. L'EES applique les principes de précaution et d'amélioration constante.	Une approche hostile au risque et prudente est utilisée. Elle reconnaît les limites des connaissances actuelles sur les conséquences des décisions. Elle devrait être liée à un engagement à l'égard de l'apprentissage permanent et de l'amélioration. Ce lien entre l'approche prudente et	Définir pour l'EES un mécanisme d'analyse du risque et des protocoles de surveillance et d'évaluation

	<p>l'apprentissage contribue à faire progresser la compréhension de la notion de durabilité dans une région ou un secteur.</p> <p>L'EES doit mener à un processus :</p> <ul style="list-style-type: none">• de surveillance et d'amélioration constante;• d'amélioration de l'information de base;• de compréhension des objectifs en matière de durabilité.	
--	--	--

CHAPITRE VI: ETUDES PRATIQUES DE QUELQUES CAS D'IMPACTS ECOLOGIQUES

Ce chapitre qui se veut pratique et illustratif aborde les aspects pragmatiques des études de cas des IAA connues au Burundi (juste de façon indicative) en fournissant en premier lieu un guide d'étude de cas en cinq étapes avant d'enseigner sur un cas spécifique de fonctionnement d'un écosystème industriel documenté dans le paysage industriel européen ou des IAA se sont développées depuis l'aube de la révolution industrielle de 1750.

VI.1. Guide d'Etude de Cas

Etude d'Impacts Ecologiques (travaux en groupe)

TDR (des travaux en groupe de 5 à 10 étudiants): Choisissez et visitez en groupe une IAA

1. Faire une description théorique du contexte et des types de risques d'impacts
2. Decrire les différents risques écologiques et sociaux qui vous obsevez
3. Analyser les aspects de vulnérabilité vecus dans cette IAA et aux elentours du site d'intervention
4. Synthetiser les impacts visibles sur l' écologie dans cet environnement
5. Proposer comment attenuer et s'adapter à ces risques (Mesure d'attenuation)

VI.2 Etudes de cas phares des IAA au Burundi

Au Burundi il existe déjà des IAA qui peuvent faire objet d'étude en matière d'impact écologiques et sur les quelles l'on peut tirer des leçons comme:

1. Les Tanneries de Bujumbura et les industries écotouristiques au bord du Lac Tanganyika
2. Les brasseries de Bujumbura, Gitega et Ngozi
3. La Société sucrière du Moso (SOSUMO)
4. Le Complexe agro-industriel FOMI
5. Le complexe agro-industriel SAVONOR, etc.

VI.3. Cas de fonctionnement d'un écosystème industriel

Ci bas figure un cas d'un écosystème industriel qui décrit le fonctionnement écologiques et les avantages environnementaux bénéfiques entre les composantes.

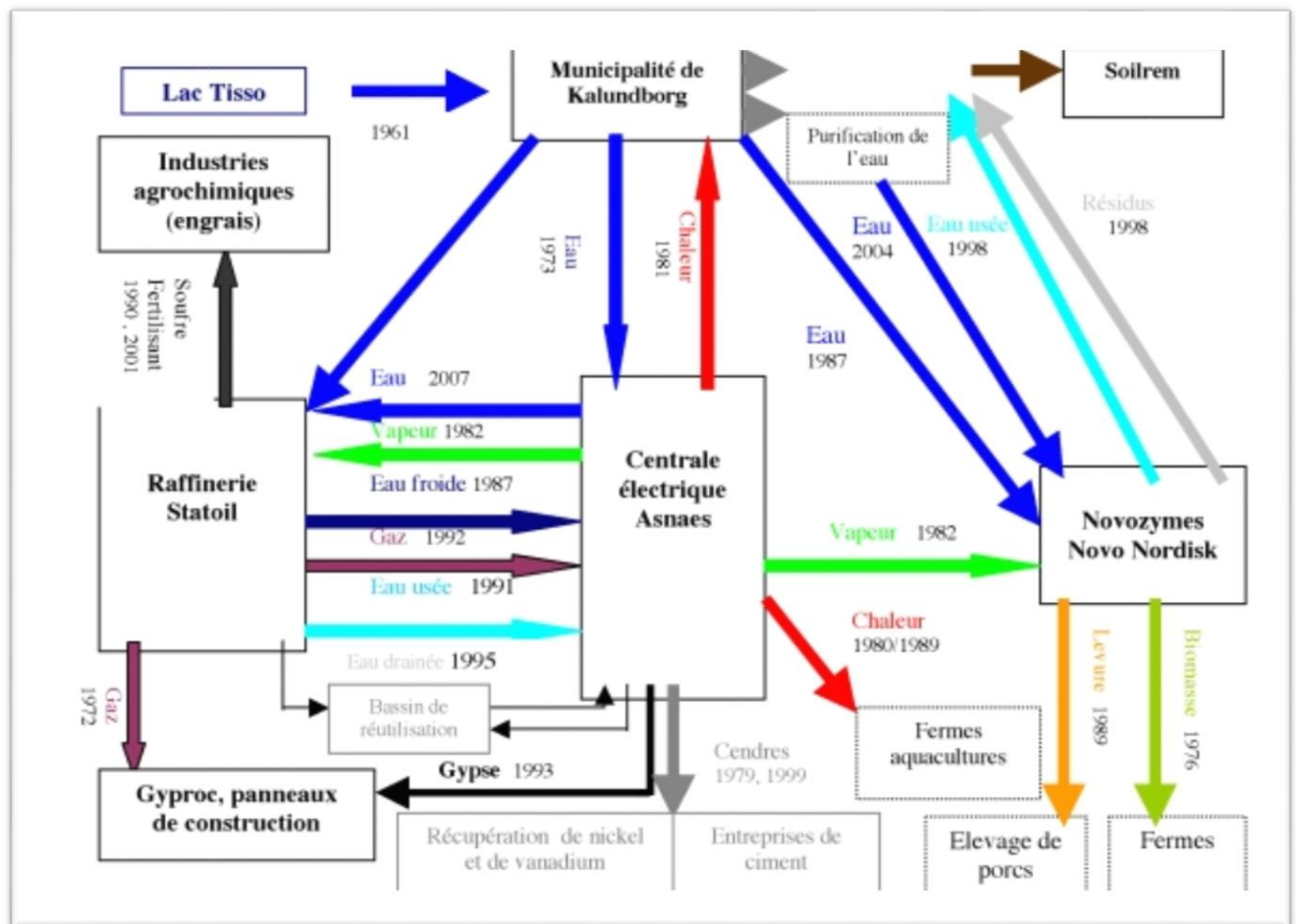


Figure 10 Ecosystème industriel type et ses avantages écologiques

Du point de vue environnemental, l'écosystème industriel faisait apparaître un bilan positif : une réduction de la consommation de ressources (soit 45 000 t par an de pétrole, 15 000 t par an de charbon et 600 000 m³ par an d'eau, une ressource rare dans la région) ; une réduction des émissions de gaz à effet de serre et de polluants (soit 175 000 tonnes par an de gaz carbonique, 10 200 tonnes par an de dioxyde de soufre) et une réutilisation des déchets (130 000 tonnes annuelles de cendres pour la construction routière, 4 500 tonnes annuelles de soufre pour la

fabrication d'acide sulfurique, 90 000 tonnes par an de gypse, 1 440 tonnes par an d'azote et 600 tonnes par an de phosphore). Brings Jacobsen (2006) a renouvelé l'opération quelques années plus tard, en cherchant à quantifier les échanges d'eau et de vapeur. Sur la période 1992-2002, le remplacement de l'eau de surface (lac) par de l'eau recyclée concernait près de 1.1 million de m³. Sur la période 1997-2002, les réductions d'émissions de dioxyde de carbone et d'oxyde de nitrogène étaient respectivement estimées à 154 000 tonnes et 389 tonnes (il s'agit d'une comparaison de la production de la centrale Asnae avec celle d'une installation au gaz naturel). Du point de vue économique, les investissements nécessaires au bouclage des vingt-cinq opérations ont dépassé les 75 millions de dollars. Avec une économie annuelle proche de 15 millions de dollars, le retour sur investissement serait d'environ de quatre à cinq ans pour les projets importants (de deux ans pour les autres).

Intrants et équipements nécessaires pour le Taillis à Très Courte Rotation

Les intrants d'une telle culture sont minimes par rapport aux grandes cultures. Ceux-ci sont principalement la lumière, l'eau et des éléments nutritifs : azote, phosphore et potassium. Pour éviter le développement des mauvaises herbes, on utilise des herbicides ou on travaille superficiellement la terre avec une herse. Pour éviter le développement des maladies, on choisit des boutures sélectionnées génétiquement et on mélange dans la parcelle plusieurs clones afin d'éviter des contaminations trop rapides du TTCR (insectes, parasites...). La culture du TTCR demande du temps principalement lors de la phase de démarrage (bonne préparation du sol, plantation des boutures...). Ensuite, la récolte du bois nécessite du matériel spécifique pour couper et broyer les tiges de saules. Le séchage du bois, si nécessaire, représente aussi une dépense d'énergie dans le schéma d'obtention de bois sec en tant que combustible. La figure 2 présente les divers intrants et équipements nécessaires pour assurer l'implantation et le développement des saules en TTCR.

Le passage des machines en conditions humides peut entraîner un tassement du sol.

Un tel système présente des avantages et des inconvénients techniques, environnementaux et économiques. Du point de vue technique, les TTCR ont une grande capacité d'adaptation sur de nombreux sols. Il est également possible de valoriser des friches agricoles et industrielles. Peu d'interventions sont nécessaires sur le terrain. Par contre, les TTCR exigent l'utilisation de

machines spécifiques qu'il faut importer d'Europe du Nord. Le développement des mauvaises herbes lors de la phase d'implantation peut être préjudiciable à la productivité des saules. Il est enfin nécessaire d'avoir une structure pour le séchage du bois (abri aéré pour les tiges, silo de stockage, séchage pour les plaquettes). Du point de vue environnemental, les TtCR exigent peu d'intrants chimiques par rapport aux grandes cultures. Ils limitent les phénomènes de lessivage en régions de grandes cultures (zone tampon), augmentent la biodiversité du milieu (faune et flore), ont un impact positif sur le paysage et un effet coupe-vent (réduisant l'érosion éolienne). Du point de vue économique, le TtCR fournit des revenus proches des grandes cultures avec moins de travail. Une telle diversification entraîne cependant des problèmes de trésorerie (les retours sur investissement ne surviennent qu'au bout de la 4^{ème} année). Par ailleurs, la rentabilité de cette culture passe actuellement par une subvention à l'implantation et des primes à la jachère.

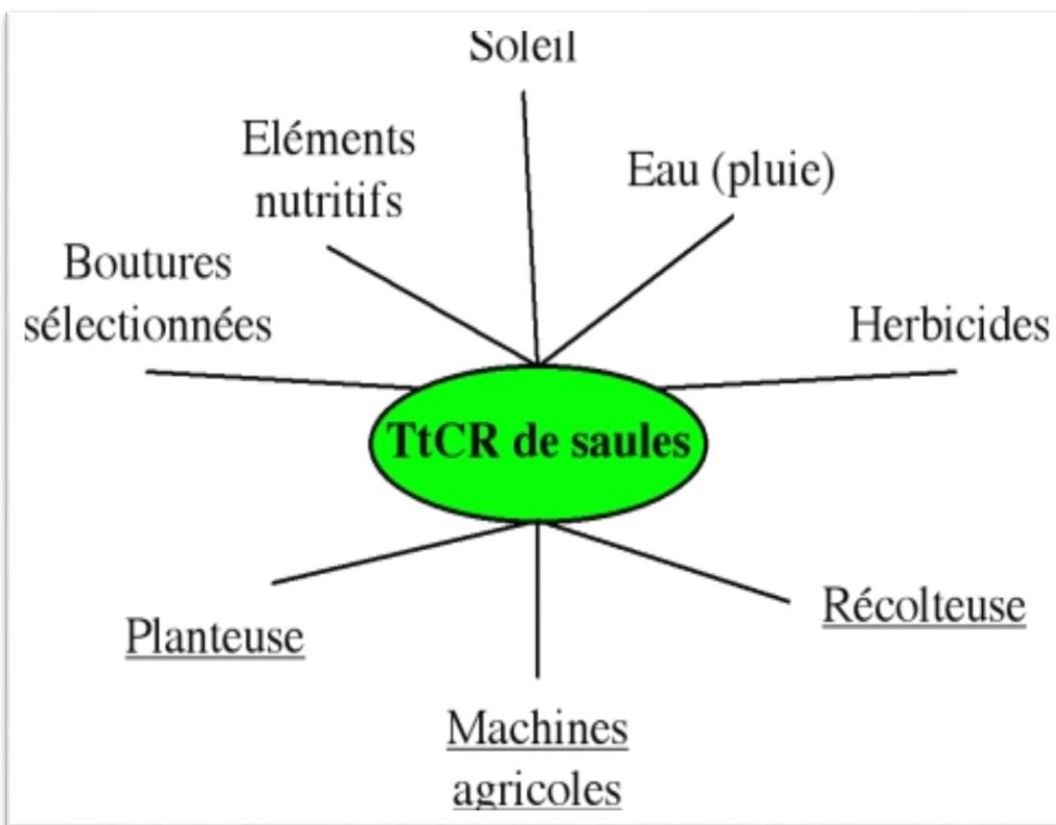


Figure 11 Intrants et matériels nécessaires à la culture du TtCR de saules

Source : Labrune (2000)

La production de chaleur ou d'électricité

Les plaquettes de saules sont stockées jusqu'à ce qu'elles aient atteint un taux d'humidité de l'ordre de 15-25%. Cette étape nécessite un lieu de stockage pour les plaquettes mais peut se faire à l'extérieur pour les saules en tiges. Les plaquettes de saules sont ensuite utilisables en tant que combustible pour des chaufferies ou des gazogènes. L'autre valorisation possible de ces plaquettes consiste à transformer le bois en gaz qui génère de l'électricité. Cette électricité peut alors servir aussi bien pour le chauffage que pour la consommation électrique de l'utilisateur (fig. 10).

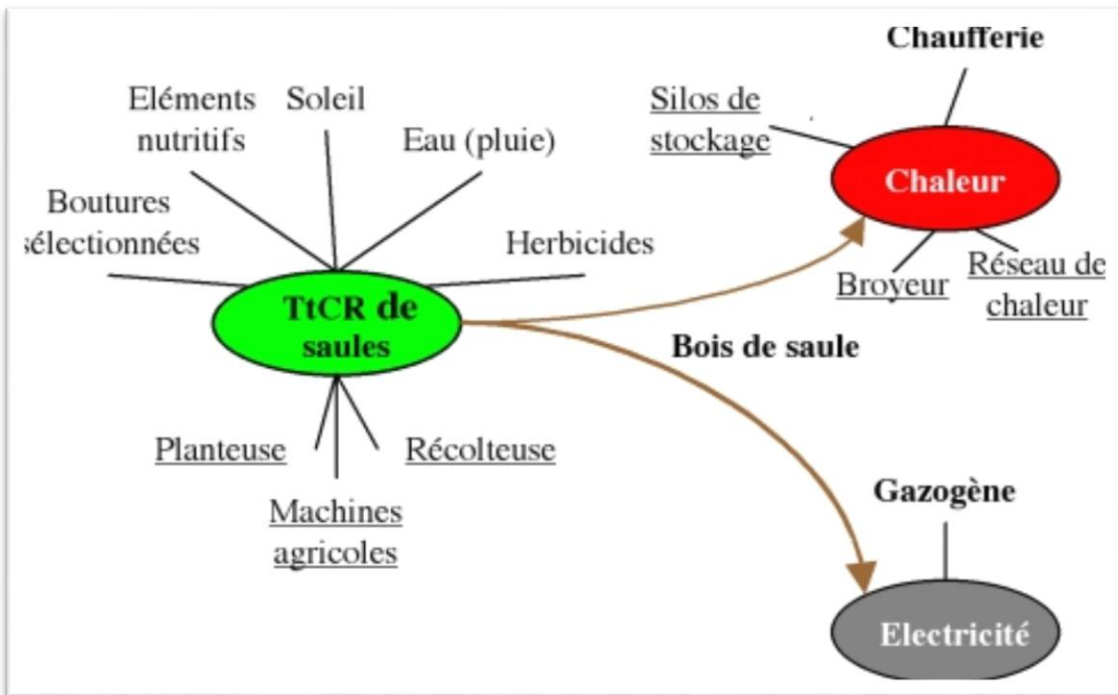


Figure 12 de la culture de saules à la production de l'énergie

Source : Labrune (2000)

De la même manière que les intrants, on peut noter que la production d'énergie à partir des TTCR génère une série d'avantages et d'inconvénients du point de vue technique, environnemental et économique. Concernant la partie technique, il convient de souligner que l'approvisionnement de la chaufferie peut être complété par les déchets et sous-produits du bois de la région. Par ailleurs, les chaufferies semi-automatiques assurent l'alimentation de la chaudière en fonction des besoins de l'utilisateur. La manipulation du bois de saules du taillis à la chaufferie est cependant lourde. Les petites unités peuvent avoir des problèmes de bourrage si le bois utilisé est trop humide. Sur la

partie environnementale, il faut insister sur le fait que les saules fixent plus de CO² lors de leur croissance qu'ils n'en dégagent lors de la phase de combustion. En outre, la combustion du bois, contrairement au fuel et au charbon, ne dégage pratiquement pas de soufre. Concernant les dimensions économiques et sociales, le faible coût de fonctionnement d'une chaufferie à bois permet un retour sur investissement de 3,5 ans (par rapport au gaz) à 7 ans (par rapport au fuel). L'ADEME subventionne les projets de chaufferies à bois à hauteur de 30% du montant de l'investissement.

Enfin, pour un emploi induit par une chaufferie fuel ou gaz, la filière bois est susceptible d'induire 3 à 4 emplois. Un projet local de chauffage au bois peut ainsi être à l'origine d'un développement local. Toutefois, les engagements de l'Etat dans les énergies renouvelables telles que la biomasse ou le solaire restent encore timides (et ce malgré les mesures gouvernementales prises en 2006). Par ailleurs, le contexte juridique et fiscal ne favorise pas pour l'instant l'utilisation du bois-énergie.

Le recyclage des eaux usées et des boues résiduelles

Les stations d'épuration réalisent le traitement primaire et secondaire des eaux usées collectées dans les zones d'assainissements collectifs (fig. 11). Au cours de ces traitements, les boues résiduelles constituent un déchet qu'on peut valoriser en les épandant sur les TTCR de saules juste après le recépage. On peut également irriguer les saules avec les eaux usées pré-épurées, ce qui permet d'assurer la dénitrification et la déphosphatation avant le rejet dans le milieu naturel, tout en créant de la matière première : le bois. Par ailleurs, les saules permettent de valoriser les effluents et les boues issus des entreprises agro-alimentaires. Les éléments nutritifs contenus dans ces rejets liquides sont ainsi recyclés en biomasse. Dans ce cas, les boues proviennent de la station d'épuration de l'entreprise dont les effluents ne peuvent être épandus directement sur les TTCR.

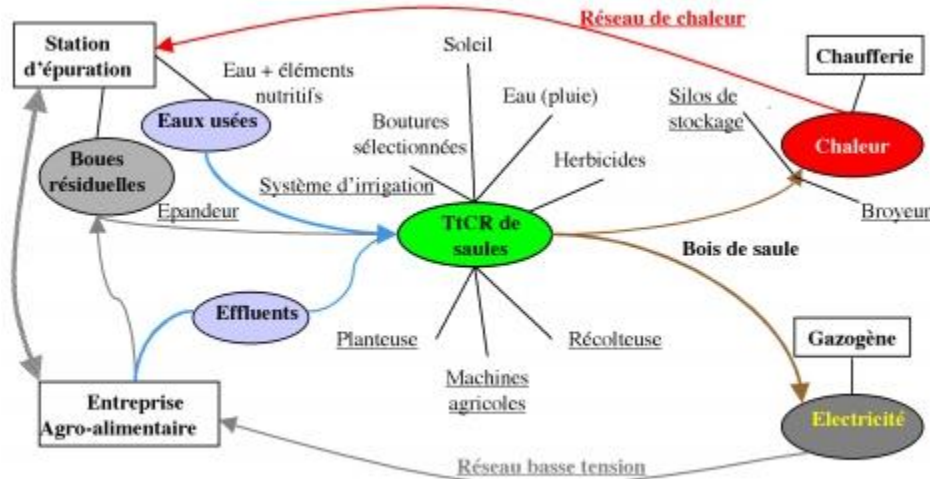


Figure 13 Schéma de traitement des effluents issus d'une Industrie agro-alimentaire

Source : Labrune (2000)

Du point de vue technique, un tel système présente certains avantages. Les entreprises agro-alimentaires peuvent traiter leurs effluents avec peu de structures à entretenir (par rapport à une station d'épuration). Le traitement tertiaire des eaux usées grâce aux TtCR est aussi efficace que les techniques physico-chimiques. L'épandage des boues sur les saules peut se faire à des moments où d'autres cultures ne le permettent pas. Il existe cependant des inconvénients. Les TtCR exigent beaucoup de place. Ce système ne convient que pour des effluents et des eaux usées peu chargés en pollution. Les bassins de stockage des eaux usées et l'épandage des boues peuvent engendrer des mauvaises odeurs. Le système de contrôle des eaux usées représente une contrainte réglementaire qu'il faut prendre en compte pour les petits projets d'irrigation.

Du côté environnemental, grâce à leur pouvoir épurateur, les saules permettent de traiter les eaux usées au niveau tertiaire et empêchent les phénomènes d'eutrophisation des milieux aquatiques. L'épandage des boues sur une culture non-alimentaire permet d'éviter le "recyclage de la pollution". Les boues et eaux usées appliquées d'une manière excessive peuvent cependant engendrer des phénomènes de lessivage. Concernant le volet économique et social, la valorisation de ces déchets en biomasse permet un retour sur investissement rapide des installations de traitement et peut même créer de la richesse pour l'entreprise. Les entreprises agro-alimentaires bénéficient avec une telle technologie d'une image de marque environnementale: c'est le "marketing vert". Les saules seraient ainsi une réponse au problème de traitement des boues de

stations d'épuration dans un contexte agricole de plus en plus défavorable. Il convient toutefois de noter que les investissements de départ (achat ou location des terrains notamment) peuvent constituer un facteur limitant au traitement tertiaire des eaux usées via les saules. De plus, le choix d'une telle technologie peut sembler inutile pour les petites et moyennes stations d'épuration qui ne sont pas obligées pour l'instant de réaliser un traitement tertiaire de leurs eaux usées. Enfin, les Industries agro-alimentaires risquent de rencontrer des difficultés pour louer ou acheter des terrains destinés à traiter leurs effluents.

VI. 4. Etudes de cas en travaux de groupes

A la fin du cours théorique fait en classe, les groupes de travail constitués en nombre de 6 à 11 étudiants sont invités à effectuer des sorties d'observation et d'investigation dans la ville et aux alentours pour documenter les impacts écologiques issus des IAA de leurs choix et produire le rapport de groupe sur base du guide présenté en VI.1. Le rapport de chaque groupe est évalué et coté sur 20% de la valeur de l'unité d'enseignement sous considération.

CONCLUSION GENERALE

En l'espace de deux décennies, l'écologie industrielle s'est construite autour d'un corpus théorique associant les sciences de l'ingénieur, les sciences de la terre (thermodynamique et biologie), les sciences sociales, économiques et juridiques. L'écologie serait ainsi devenue une véritable science (avec ses propres lois et son propre langage), et l'entreprise, un vecteur du développement durable. Par analogie, le système industriel est associé à un écosystème biologique dont les principaux objectifs sont la valorisation systématique des déchets, la minimisation des pertes par dissipation (création de réseaux d'utilisation des ressources et des déchets), la dématérialisation de l'économie (optimisation de l'utilisation de la matière) et la décarbonisation de l'énergie.

Sans prôner la décroissance, les tenants de l'écologie industrielle recommandent aux industriels de procéder à un ensemble d'opérations de rationalisation de la production. Des idées qui, sur le terrain, seront illustrées par la symbiose industrielle de Kalundborg et l'émergence des parcs éco-

industriels ainsi que les cas d'IAA émergentes au Burundi qui seront soumis au décryptage par les étudiants en travaux de groupe.

Dans cette nouvelle approche de l'écologie, le recyclage des déchets ne serait plus une fin en soi. Le développement durable doit désormais mener à une valorisation collective et coordonnée des déchets (passage de la valeur d'échange à la valeur d'utilisation). Et c'est de cette manière que les sciences de l'ingénieur pourront être pensées comme des alternatives « technologiques » au service des Sociétés Humaines ?

Le cours s'est évertué à équiper les étudiants en concepts innovants ayant trait avec le domaine de l'écologie industrielle et les enjeux environnementaux. De fait, les débats et les échanges ainsi que les présentations en classe s'articulent sur (i) les grands Concepts de l'écologie industrielle et les enjeux écologiques des industries, ii) l'analyse des risques environnementaux et écologiques causées par les IAA ainsi que iv) la problématique des emballages. Pour consolider les techniques d'évaluation des impacts, le cours part de la prospective qui est l'art de l'anticipation pour user des méthodes et outils en cours d'utilisation dans les mécanismes similaires d'Audit des Impacts Environnementaux et Sociaux développés dans le domaine de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles avant d'enseigner les méthodes et outils d'évaluation des impacts écologiques issus des industries agro-alimentaires.

Avec ce contenu, il s'agit d'affirmer que les objectifs du cours qui étaient d'apprendre aux étudiants comment i) minimiser la consommation de l'énergie dans les IAA, ii) analyser les risques écologiques et la problématique des emballages ainsi qu'avoir une vision systémique des méthodes d'évaluation des IES des IAA dans le contexte du développement durable sont significativement atteints.

REFERENCE DOCUMENTAIRE

Les bases documentaires principales pour ce cours sont :

A. Bibliographie

1. Agromédia (2020). Tendances alimentaires : 2020, l'année de tous les possibles pour l'agroalimentaire.
2. Arnaud Diemer et Sylvère Labrune (2007). L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable
<https://doi.org/10.4000/developpementdurable.4121>
3. Balagizi I, Ngendakumana S, Namegabe H, Mushayuma TMA, Bisusa AA, Baliku B, Isumbiso M(2013). Perspectives de gouvernance environnementale durable dans la région de Lwiro. In Duchemin (ed). Vers une bonne gouvernance des ressources naturelles dans les sociétés post-conflit : Concepts, Expériences et Leçons de la Région des Grands Lacs en Afrique. Montréal, Québec. Les éditions en Environnement Vertigo. P 160- 189. DOI : <http://vertigo.revues.org/13777>
4. Dannequin .F, Diemer .A (1999b), « De l'entropie à la constitution d'un programme bioéconomique : Le grand projet de Nicholas Georgescu-Roegen », *Cahiers du CERAS*, Décembre, n° 42, pp. 1- 9.
5. Dannequin .F, Diemer .A, Vivien F.D (1999a), « *Ecologie industrielle et développement durable* » Colloque de Reims, Hermès, 8 p.
6. Dannequin F., Diemer A. (1999a), « La place de la biologie et de la thermodynamique dans la théorie contemporaine : l'oeuvre scientifique de Nicholas Georgescu-Roegen », Colloque de l'ACGEPE, 26—27 septembre, Paris, 8 p.
7. Dannequin F., Diemer A. (2004), « *Nicholas Georgescu-Roegen : vers la décroissance ?* » texte disponible sur le site <http://www.oeconomia.net>, rubrique *Histoire de la pensée économique*, 4p.
8. Dannequin F., Diemer A., Petit R., Vivien F-D (2000), « la nature comme modèle ? Ecologie industrielle et développement durable », *Cahiers du CERAS*, n° 38, mai, p. 62-75.
9. Erkman S. (2001), « L'écologie industrielle, une stratégie de développement » *Le débat*, n°113, p.106-121.
DOI : [10.3917/deba.113.0106](https://doi.org/10.3917/deba.113.0106)
10. Frosch R.A, Gallopoulos N.E (1989), «Strategies for Manufacturing », *Scientific American*, vol 261, Special Issue «Managing Planet Earth », September, p. 144 –

- 152). Traduction française «Des stratégies industrielles viables », *Pour la Science*, n°145, novembre 1989, p. 106 – 115.
11. Georgescu-Roegen N. (1995), «*Demain, la décroissance: entropologie-écologie-économie*», Sang de la Terre.
 12. Goffin D. (2020). Foodtech : Quelles tendances alimentaires pour demain ?
 13. Labrune S. (2000), « *La valorisation des déchets en énergie à partir des parcs agro-industriels de saules* », Mémoire de fin d'études, ISA Beauvais, mars, 128 p.
 14. Mephtaha GUENNOUN et Abdennebi TALBI (). Identification et classification des risques selon la typologie des entreprises
 15. Mintel (2021). Tendances mondiales en matière d'alimentation et de boissons
 16. Ngendakumana S (2016). Forest policy and institutional dimensions of REDD⁺ in Cameroon. PhD thesis, Faculty of Bioscience Engineering, University of Ghent, Belgium.
 17. Ngendakumana S (2016). Forest policy and institutional dimensions of REDD⁺ in Cameroon. PhD thesis, Faculty of Bioscience Engineering, University of Ghent, Belgium. ISBN 978-90-5989-937-7. 287p. (<https://biblio.ugent.be/publication/8124551/file/8124554.pdf>).
 18. Ngendakumana S, Van Dame P, Mapatano S, Niyonkuru D, Sanginga P et Isumbisho P (2013). Processus d'évaluation des incidences de la gouvernance des ressources naturelles par la méthode « matrice d'influence » au Burundi et sud Kivu. In Duchemin, E.(ed). Vers une bonne gouvernance des ressources naturelles dans les sociétés post-conflit: Concepts, Expériences et Leçons de la Région des Grands Lacs en Afrique. Montréal, Québec. Les éditions en Environnement VertigO. P190-213. DOI : <http://vertigo.revues.org/13777>
 19. Ngendakumana S.et Gahungu A., 2020. Audit des Impacts environnementaux et Sociaux. Notes de Cours UB/FSEG.
 20. Ngendakumana Serge (2018). Politique d'adaptations et d'atténuation aux changements climatiques (34p) Notes de Cours – UB/FABI.
 21. Ngendakumana, S. (2010). Développement d'une approche alternative de gestion des ressources naturelles du paysage de Madina Oula-Guinée. 95 P., CERE-UQUAM (Guinée Conakry)
 22. Schieber Research (2020). Food Trends : Consumers, strategy and Covid-19
 23. Van Rompaey (2019). Potentiel de croissance prometteur pour les substituts de viande.
 24. Vivien F.D (2005), *Le développement soutenable*, La Découverte.

25. Vivien F.D (2006), “L’écologie industrielle : une critique du point de vue de l’économie politique”, *Scientific Workshop ‘Frontiers of Research in Industrial Ecology’*, University of Lausanne, November 27 – December 1th, 22 p.

26. Webographie

- 1) [Écologie / Ecology - Impact écologique \(bonobosworld.org\)](http://bonobosworld.org)
- 2) [Découvrez les Enjeux Écologiques liés à l'Industrie Agroalimentaire \(enzynov.fr\)](http://enzynov.fr)
- 3) [Impact environnemental de l’industrie agroalimentaire en quelques points - Afoup Agroindustriel Magazine](#)
- 4) [Les tendances alimentaires en 2022 - Afoup Agroindustriel Magazine](#)
- 5) [L’impact des déchets industriels sur l’environnement – La boutique ecologie](#)