

PROPOSITION D'UN OUTIL D'ÉVALUATION DE SYMBIOSE INDUSTRIELLE :
LE CAS DE LA SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR

Par
Gabriel Arguin

Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement
durable de l'Université de Sherbrooke en vue de l'obtention du double-diplôme de
maîtrise en environnement et de master en ingénierie et management
de l'environnement et du développement durable

Sous la direction de Madame Karine Markewitz

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

MASTER EN INGÉNIERIE ET MANAGEMENT DE
L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE TROYES

JANVIER 2014

SOMMAIRE

Mots clés : évaluation, indicateur, performance, bénéfices, symbiose industrielle, synergie industrielle, réduction des flux, développement territorial, intégration environnementale.

La symbiose industrielle est un réseau d'acteurs industriels qui échange des flux de matière, d'énergie et d'eau. Cette nouvelle façon d'organiser le système industriel permet de réduire les coûts de production ce qui améliore la compétitivité des entreprises en plus de rendre le territoire plus attractif aux yeux d'acteurs industriels externes. Malgré les retombées attendues de la symbiose industrielle, peu d'outil d'évaluation sont développés pour mesurer la performance et les bénéfices de ces réseaux d'entreprises. De plus, les systèmes d'indicateurs développés dans la littérature ne couvrent généralement que les aspects économiques et environnementaux de la performance et les bénéfices des symbioses industrielles.

L'objectif de cet essai est de proposer un outil d'évaluation de la performance et des bénéfices d'une symbiose industrielle. Cet outil d'évaluation prendra la forme d'un guide méthodologique et proposera des indicateurs de performance généraux de base, permettant à un animateur de symbiose industrielle d'entreprendre une démarche d'évaluation.

L'analyse de la faisabilité de développement des indicateurs et l'application d'un cas de symbiose industrielle, permettent de voir que la mesure de données ou la transmission d'informations parfois sensibles, peuvent compromettre le succès d'une démarche d'évaluation. L'inclusion d'une clause contractuelle de partage d'informations peut favoriser l'obtention des données. L'obtention de financement peut être un levier pour assurer la tenue de l'évaluation et la collecte de données de qualité. Les difficultés liées à la collecte, la gestion et le partage d'informations peuvent être atténuées par la mise en place d'un logiciel qui permet la transmission, le traitement de données et qui assurent la confidentialité des données. Enfin, en incluant les entreprises et les parties prenantes intéressées par la symbiose industrielle dans la démarche d'évaluation, cela permet de tenir compte des considérations de ces acteurs.

REMERCIEMENTS

Je veux d'abord remercier Mme Karine Markewitz pour la direction de cet essai. Tes conseils, questionnements et encouragements m'ont grandement aidé à pousser mes réflexions plus loin pour mener à bien ce travail. Grâce à tes connexions Skype, tu auras réussi, en quelque sorte, à me faire voyager. Également, je remercie les gens du CTTEI pour leur contribution à cet essai.

Je voudrais également remercier tous mes amis et les gens formidables de l'AMEUS et d'IMEDD, avec qui cette aventure de la maîtrise en environnement aura été un parcours enrichissant et amusant.

À toute ma famille, merci pour votre support durant tout mon parcours universitaire. Merci spécial à toi ma sœur Mélina pour ton importante contribution grammaticale et morale.

Je tiens à remercier Benoît Courtejaire et Claire Belet pour votre présence durant ces deux ans. Nos échanges m'ont fait énormément grandir. J'espère vous voir très bientôt pour de nouvelles aventures des plus folles.

Je ne peux passer sous silence l'importante contribution de ma grande amie Laura Dénommée-Patriganni. Merci de m'avoir aidé à trouver ma voie avec cette maîtrise et d'avoir été là pour moi toutes ces années. À nous maintenant de « poser » le monde comme on l'entend!

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE	4
1.1 Émergence de l'écologie industrielle	4
1.1.1 Visions divergentes.....	4
1.1.2 Évolution des écosystèmes industriels	5
1.1.3 Principe fondamental	5
1.1.4 Écologie industrielle et développement durable	6
1.2 Réseaux de coopération de l'écologie industrielle	7
1.2.1 Symbiose industrielle.....	7
1.2.2 Synergie industrielle	7
1.2.3 Éco-parcs industriels	8
1.3 Symbiose industrielle : nécessité d'évaluation.....	8
1.3.1 Avantages et bénéfices	8
1.3.2 Quelques critiques	9
1.3.3 Évaluation d'une symbiose industrielle	9
2 ÉTAT DE L'ART DE L'ÉVALUATION D'UNE SYMBIOSE INDUSTRIELLE	11
2.1 Groupes d'étude français : COMETHE et ARPÈGE	11
2.2 <i>National Industrial Symbiosis Project</i>	12
2.3 Les lois sur l'économie circulaire chinoise	13

3 PRÉSENTATION DU CAS D'ÉTUDE : SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR.....	16
3.1 Choix du cas d'étude.....	16
3.2 Description de la zone d'activités industrielles.....	16
3.3 Portrait de la symbiose industrielle de Bécancour	18
3.3.1 Mise en œuvre de la symbios industrielle de Bécancour	18
3.3.2 État des synergies de la symbios industrielle de Bécancour.....	19
3.3.3 Diagnostic de la symbios industrielle de Bécancour.....	19
3.4 Évaluation de performance et symbiose industrielle de Bécancour	20
4 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE D'UNE SYMBIOSE INDUSTRIELLE	21
4.1 Agents d'évaluation d'une symbiose industrielle	21
4.2 Indicateurs de performance d'une symbiose industrielle	22
4.3 Définition des concepts	23
4.3.1 Qualités d'un indicateur	23
4.3.2 Types d'indicateurs	24
4.3.3 Performance d'une symbiose industrielle	25
4.4 Démarche d'évaluation de la performance	27
5 PROPOSITION D'UN OUTIL D'ÉVALUATION DE SYMBIOSE INDUSTRIELLE.....	30
5.1 Indicateurs de fonctionnement de la synergie	30
5.1.1 Indicateurs de la confiance.....	31

5.1.2	Indicateur de l'avancement des synergies	35
5.1.3	Indicateurs de la coopération interentreprises	37
5.2	Indicateurs de réduction des flux.....	40
5.2.1	Indicateurs de maîtrise de la matière	42
5.2.2	Indicateurs de la maîtrise de l'énergie	46
5.2.3	Indicateur des transports.....	52
5.2.4	Indicateurs de la maîtrise de l'eau.....	55
5.3	Indicateurs du développement territorial.....	60
5.3.1	Indicateurs des gains économiques	61
5.3.2	Indicateurs du niveau d'emploi	65
5.3.3	Indicateur de l'innovation	67
5.4	Indicateurs de l'intégration environnementale	69
5.4.1	Indicateurs de la biodiversité et des services écosystémiques.....	70
5.4.2	Indicateurs des gains environnementaux.....	71
6	APPLICATION DE L'OUTIL D'ÉVALUATION AU CAS DE LA SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR	80
6.1	Indicateurs du fonctionnement de la synergie	80
6.2	Indicateurs de la réduction des flux	81
6.2.1	Indicateurs de la maîtrise de la matière	82
6.2.2	Indicateurs de la maîtrise de l'énergie	83
6.2.3	Indicateur des transports.....	84

6.2.4	Indicateurs de la maîtrise de l'eau.....	84
6.3	Indicateurs du développement territorial.....	85
6.3.1	Indicateurs des gains économiques	85
6.3.2	Indicateurs du niveau d'emploi	87
6.3.3	Indicateur de la création d'activités innovantes.....	87
6.4	Indicateurs de l'intégration environnementale	87
6.4.1	Indicateur de la biodiversité et des services écosystémiques.....	88
6.4.2	Indicateurs des gains environnementaux.....	88
7	DISCUSSION.....	90
7.1	Nombre d'indicateurs.....	90
7.2	Indicateurs appropriés?	92
7.3	Leçons à retenir	93
	CONCLUSION.....	96
	RÉFÉRENCES	99
	BIBLIOGRAPHIE	107
	ANNEXE 1- SYSTÈME D'ÉVALUATION DES SYMBIOSES INDUSTRIELLES PROPOSÉ PAR COMETHE.	110
	ANNEXE 2- DESCRIPTION DES SYNERGIES CONCRÉTISÉES DANS LA SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR.	118
	ANNEXE 3 – CRITÈRES D'ÉVALUATION DE LA FAISABILITÉ DE DÉVELOPPEMENT DES INDICATEURS EN ENTREPRISE.....	121
	ANNEXE 4 – OUTIL D'ÉVALUATION DE SYMBIOSE INDUSTRIELLE.....	125

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 5.1 : Représentation et répartition des flux dans les systèmes de production d'une synergie industrielle.....	41
Figure 5.2 : Représentation des flux de matière à l'intérieur d'une synergie industrielle.	42
Figure 5.3 : Représentation des flux d'énergie à l'intérieur d'une synergie industrielle.	47
Figure 5.4 : Représentation des flux d'eaux industrielles à l'intérieur d'une synergie industrielle.....	55
Tableau 2.1 : Système d'évaluation de la performance des symbioses industrielles du <i>National Industrial Symbiosis Project</i>	13
Tableau 2.2 : Système d'évaluation de la performance des parcs éco-industriels du projet de la <i>National Development and Reform Commission</i> et du <i>Department of Resource and Environment</i>	15
Tableau 3.1 : Infrastructures et services accessibles dans le Parc industriel et portuaire de Bécancour répondant aux besoins des entreprises.	17
Tableau 3.2 : Tableau synergies de la symbiose industrielle de Bécancour selon les différents types et la génération annuelle des flux.....	19
Tableau 3.3 : Indicateurs des gains évalués par le Centre de Transfert Technologique en Écologie Industrielle.	20
Tableau 4.1 : Tableau synthèse des types d'indicateurs de symbiose industrielle et leurs caractéristiques.	24
Tableau 5.1 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du nombre de communications dans une synergie industrielle.....	33
Tableau 5.2 : Tableau des critères d'évaluation de l'indicateur de la satisfaction d'une entreprise.	34
Tableau 5.3 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la satisfaction d'une entreprise dans une synergie industrielle.	34
Tableau 5.4 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du niveau d'avancement d'une synergie dans une symbiose industrielle.....	36
Tableau 5.5 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la coopération dans une symbiose industrielle.....	38

Tableau 5.6 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la durée d'une synergie dans une symbiose industrielle.....	39
Tableau 5.7 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière entrante dans le système de production du demandeur.	44
Tableau 5.8 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière sortante du système de production de l'offreur.....	46
Tableau 5.9 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'énergie totale entrante par une entreprise de la symbiose industrielle.....	48
Tableau 5.10 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'énergie échangée par les entreprises d'une synergie industrielle..	50
Tableau 5.11 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'intensité énergétique d'une entreprise d'une symbiose industrielle.	52
Tableau 5.12 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du carburant consommé lors du transport dans une synergie industrielle.	54
Tableau 5.13 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'eau entrante dans le système de production du demandeur d'une synergie industrielle.....	57
Tableau 5.14 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'eau sortante de l'offreur dans une synergie industrielle.	58
Tableau 5.15 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'intensité de la consommation d'eau dans une entreprise de la symbiose industrielle.	59
Tableau 5.16 : Matrice de la faisabilité du développement des indicateurs des gains économiques liés à la participation à une synergie industrielle.	65
Tableau 5.17 : Matrice de la faisabilité du développement des indicateurs du niveau d'emploi par une symbiose industrielle.....	67
Tableau 5.18 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la création d'emploi par une symbiose industrielle	69
Tableau 5.19 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière envoyée à l'élimination par les entreprises d'une symbiose industrielle.	74

Tableau 5.20 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de quantité de CO2 évitée par les entreprises d'une symbiose industrielle.	77
Tableau 7.1 : Tableau des entreprises de la symbiose industrielle de Bécancour selon leur nombre d'employés.....	91

LISTE DES ACRONYMES, DES SYBOLES ET DES SIGLES

ACCORD	Action concertée de coopération régional de développement
ARPÈGE	Atelier de Réflexion Prospective en Écologie Industrielle
COMETHE	Conception d'Outils MÉTHOdologique d'Évaluation
CTTEI	Centre de Transfert Technologique en Écologie Industriel
DD	Développement durable
EI	Écologie industrielle
MRC	Municipalité régionale de comté
NISP	<i>National Industrial Symbiosis Project</i>
OTEC	Outil territorial énergie et climat
PIPB	Parc industriel et portuaire de Bécancour
PME	Petites et moyennes entreprises
PMI	Petites et moyennes industries
RH	Ressources humaines
RI	Résidu industriel
RIO	Relation inter-organisationnelle
SI	Symbiose industrielle
SIB	Symbiose industrielle de Bécancour

INTRODUCTION

Devant les externalités et les problèmes engendrés par le système industriel, ce dernier doit intégrer la dimension environnementale au cœur des activités industrielles (Ayres and Ayres, 2002). Inspirée de la métaphore des écosystèmes naturels, l'écologie industrielle (EI) mise sur la coopération des acteurs industriels pour faire évoluer le système traditionnel vers un système qui vise à réduire les pressions sur l'environnement. Cette restructuration tente de faire évoluer un système basé sur la linéarité des flux de matières, d'énergie et d'eau, vers un système dont les flux circulent de manière cyclique (Erkman, 2004; Brullot, 2009; Gertler, 1995; Zaoual, 2011).

La symbiose industrielle (SI) est le domaine d'application concret de l'EI et repose sur le bouclage des flux et l'utilisation des résidus industriels (RI) en tant que ressources. Il est possible de définir la SI comme un réseau d'acteurs industriels qui échange ou partage des flux de matières et d'énergie en mode coopératif, de façon à ce que les RI de l'un deviennent la matière de l'autre. Cela limite les flux entrants ainsi que les rejets et émissions dissipatives en sortie de procédé (Erkman, 2004; Schalchli, 2008; Brullot, 2009).

La littérature dénombre plusieurs travaux relatant les bénéfices liés à la mise en place d'une SI. Sur le plan environnemental, la SI permet la réduction de l'utilisation de matière, d'énergie et d'eau puis, la réduction de la quantité de déchets à éliminer (Gertler, 1995). Sur les plans économiques et sociaux, les échanges de flux favorisent l'augmentation de la valeur marchande des flux sortants peut entraîner la hausse de la compétitivité des organisations et l'attractivité du territoire (Schalchli, 2008). De nouvelles activités de transformations des flux peuvent favoriser la création d'emplois. (Brullot, 2009; Schalchli, 2008). Il est possible de constater que ces bénéfices s'échelonnent à plusieurs niveaux, soit celui des entreprises, de la SI elle-même ou des acteurs politiques et administratifs (Schalchli, 2008). Cela montre la pertinence de mesurer la performance et leurs bénéfices à plusieurs niveaux, soit pour favoriser la gestion du réseau, mais aussi pour satisfaire les acteurs intéressés pour qui la connaissance de ces informations peut guider leurs décisions (Agarwal et Strachan, 2006).

Toutefois, si les recherches portent généralement sur les mécanismes d'implantations des démarches d'EI et les freins et leviers, l'évaluation des démarches de SI est moins récurrente dans la littérature (Maltais-Guibault, 2011; Decouzon et Maillefert, 2012, Brulot, 2009; Duret, 2007). Dans la plupart des cas, les SI qui mesurent leurs performances le font de manière plus ou moins structurée en utilisant principalement des indicateurs mesurant les flux de matière et d'énergie. À l'exception de rares indicateurs sociaux (comme les emplois créés ou sauvegardés), ces aspects sont plus souvent négligés par les démarches d'évaluation mises en œuvre, au profit des indicateurs économiques et environnemental (Merly, 2008). Par ailleurs, il a été constaté que peu d'attention est portée vers l'évaluation des relations inter-organisationnelles (RIO) alors que cela peut devenir un outil de gestion pour un animateur de SI (Merly, 2008).

Pourtant, un outil d'évaluation complet serait bénéfique pour les acteurs de la SI, mais plus spécialement pour celui qui a le rôle de coordination et de communication, c'est-à-dire de l'animateur. Ainsi, ces données peuvent aider l'animateur à améliorer la gestion de la SI et à fournir des éléments pour la communication aux entreprises et aux parties prenantes intéressées. Dans le même ordre d'idée, l'obtention de données sur la performance peut être une source de justification des investissements faits par les entreprises ou les acteurs publics. Enfin, la communication des informations mesurées peut accroître la visibilité sur l'entourage de la SI puisque cela permet aux acteurs extérieurs de rationaliser les investissements potentiels pour adhérer à ce genre de démarche. (Maltais-Guibault, 2011)

Donc, l'objectif de cet essai est de présenter un outil d'évaluation de la performance et des bénéfices d'une SI. L'outil d'évaluation se veut à priori un guide méthodologique pour les animateurs de SI. D'ailleurs, cet essai est rédigé en plaçant le lecteur dans le rôle d'un animateur de SI devant mettre en place une démarche d'évaluation. Étant donné la littérature peu abondante et les cas d'études peu nombreux sur le sujet, il est pris pour acquis que l'animateur possède peu d'expérience dans le domaine d'évaluation de SI. Aussi, l'outil d'évaluation a été construit de manière à prendre en compte les besoins des entreprises, de l'animateur, de la SI et des parties prenantes intéressées par la SI. Pour y parvenir, il convient d'atteindre les sous-objectifs suivants. D'abord, fournir un guide méthodologique pour orienter un animateur de SI concerné par l'évaluation d'une SI.

Ensuite, proposer une liste d'indicateurs de performance et des bénéfices d'une SI et juger de leur pertinence et faisabilité. Enfin, appliquer ces indicateurs au cas d'étude pour évaluer l'intérêt des indicateurs dans le cadre de la symbiose industrielle de Bécancour (SIB).

Pour répondre au premier objectif, le guide méthodologique énonce les acteurs à impliquer dans le processus d'évaluation. Ensuite, il est question de définir les notions d'indicateur et de performance, pour aider l'animateur à comprendre son outil de travail. Le chapitre se termine avec une chronologie des grandes étapes à suivre du processus d'évaluation. Les informations présentées dans ce chapitre, sont issues de documents de références sur les démarches d'évaluation, auxquelles les propos ont été ramenés à ceux de l'EI.

Pour répondre au second objectif, trois cas reconnus dans la littérature sont retenus afin de présenter les thèmes d'évaluation et les indicateurs pour construire l'outil d'évaluation final. Par la suite, les indicateurs sont énumérés et pour chacun d'eux, il est possible d'en connaître la pertinence et le niveau de faisabilité à implanter ceux-ci à tous les niveaux. Les cas d'études choisis dans l'état de l'art permettent de faire une sélection de certains indicateurs. Sinon, des échanges verbaux ou virtuels avec des experts du milieu de l'EI complètent cette sélection des indicateurs.

Pour le troisième objectif, les indicateurs développés dans le chapitre précédent ont été testés avec les informations obtenues à partir des rapports d'activités de la SIB, rédigé par le Centre de Transfert Technologique en Écologie Industrielle (CTTEI) Cela permet de vérifier la cohérence des indicateurs choisis en rapport avec la réalité du cas d'étude. Il est aussi question de suggérer à l'animateur comment il peut obtenir les informations pour calculer ces derniers. Utiliser la SIB pour tester les indicateurs révèle quelques pistes d'actions à envisager pour améliorer la démarche d'évaluation. Les rapports émis par le CTTEI sont de nature confidentielle et c'est la raison pour laquelle les noms d'entreprises sont codifiés, afin de ne pas enfreindre l'entente de confidentialité prise avec le Centre.

1 MISE EN CONTEXTE

Ce chapitre a pour objectif de situer le lecteur par rapport aux notions utilisées durant cet essai. La première section relate la définition de l'EI en abordant l'historique et les visions dominantes de ce concept central de ce travail. La seconde partie traite de l'application la plus concrète de l'EI, c'est-à-dire la SI et ses composantes. La troisième section aborde la pertinence de l'évaluation et fait état du traitement de ce sujet dans la littérature.

1.1 Émergence de l'écologie industrielle

Durant plusieurs décennies, l'approche *end-of-pipe* (en bout de procédé) est préconisée pour répondre aux problèmes de pollution. Toutefois, les critiques abondent quant à son insuffisance à atténuer les impacts de l'industrialisation sur la biodiversité, les milieux et les cycles biogéochimiques (Erkman, 2004). Dans la foulée du rapport Bruntland – *Our common future* (CMED, 1987) – Frosch et Gallopoulos (1989) publient *Strategies for manufacturing* et insistent sur le besoin de développer un système industriel plus durable. Cet écrit devient le catalyseur des premières recherches à propos de l'EI (Erkman, 1997; Diemer et Labrune, 2007).

Malgré le manque d'une définition largement acceptée, il est possible de définir l'EI comme un domaine d'application du système industriel, inspiré du modèle des écosystèmes naturels et de leur fonctionnement à caractère cyclique (Erkman, 2004). Cette nouvelle vision du système industriel prône une approche systémique et multidisciplinaire, regroupant différents domaines tels que les sciences biologiques, l'ingénierie, les sciences humaines, l'économie et la géographie (Brullot, 2009; Diemer et Labrune, 2007). De plus, cette vision diverge du système traditionnel, car l'EI tente d'intégrer la biosphère au système industriel notamment en accordant une plus grande importance aux flux de matière et d'énergie qu'aux flux monétaires (Erkman, 2004).

1.1.1 Visions divergentes

Au-delà des définitions, il peut être intéressant d'aborder les principales visions concurrentes de l'EI dans le but de mieux alimenter les réflexions sur ce concept. Pour Brayden Allenby, l'EI repose sur des fondements économiques et technologiques conditionnés par la concurrence du marché et l'innovation technologique. Quant à

Ehrenfeld (1997), les préoccupations sociales sont à la source du concept de l'EI et cette dernière cherche à « reconsidérer la place de l'homme dans la nature et à prendre conscience de son impact sur l'environnement ». Sa vision permet de dégager l'importance du facteur social dans le concept d'EI (Brullot, 2009) et mène à l'interprétation que la concertation est un outil nécessaire pour rendre le système industriel durable. Erkman (2004) rajoute que l'EI doit être perçue comme un cheminement évolutif du système industriel et de ses divers degrés de maturation. (Brullot, 2009)

1.1.2 Évolution des écosystèmes industriels

Dans la lignée de la vision d'Erkman (2004), le système industriel doit apporter des changements significatifs pour devenir un système mature et durable. Pour y parvenir, l'éco-restructuration se fonde sur quatre axes d'opérations (Erkman, 2004; Brullot, 2009, Schalchli, 2008) :

- Valoriser les RI en tant que ressource;
- Boucler les flux de matière et minimiser les émissions dissipatives;
- Découpler la croissance économique des flux de matière et d'énergie;
- Décarboniser l'énergie.

Dans cet esprit, Allenby (1995) décrit les trois types de système industriel désignant les stades d'évolution vers la durabilité, basés sur la gestion des flux. Depuis l'ère de l'industrialisation, les flux sont illimités et les déchets et émissions sont rejetés sans aucun contrôle (Type I). Puis, la création de réseau entre industriels permet de consommer les ressources avec une plus grande modération et une production réduite des RI, mais toujours existante (Type II). Finalement, la maturité complète du système ne sera atteinte que lorsque tous les flux du système circuleront en cycle continu (Type III). (Diemer et Labrune, 2007)

1.1.3 Principe fondamental

Le bouclage des flux est l'idée-force de l'EI. Il démontre que le système industriel peut évoluer selon le principe que le déchet de l'un devient la matière première de l'autre. Ce principe s'enrichit avec la notion de territorialité où, en créant des « chaînes alimentaires industrielles » (Erkman, 2004), il vise à réduire l'« approvisionnement minimal en matières

premières extérieure au territoire, de surcroît d'origine renouvelable, et une utilisation maximale des ressources locales » (Schalchli, 2008).

Pour ce faire, des organisations appartenant à un territoire donné peuvent étudier le métabolisme industriel. Le métabolisme industriel représente le bilan quantitatif et qualitatif des matières et de l'énergie circulant dans le système pour rechercher d'autres chaînons industriels possibles et ainsi, procéder au bouclage des flux (Schalchli, 2008; Adoue, 2006). Le terme « synergie industrielle », désigne ces échanges en boucle des flux de matières et d'énergie entre deux acteurs industriels (organisations) ou plus, pour lesquels les flux sortants de l'un, se substituent aux flux entrants de l'autre (Adoue, 2006).

Les synergies formant ce nouvel écosystème industriel est le fruit du travail d'acteurs qui coopèrent ensemble pour rendre le système industriel plus durable. Brullot (2009) rapporte que cette coopération est la résultante d'un travail sur la relation de confiance entre ces acteurs, ce qui abonde dans le sens d'Ehrenfeld. Alors, c'est autour des visions d'Ehrenfeld et d'Erkman que cet essai se positionne en raison de l'idée que l'aspect relationnel entre les acteurs et la transparence favorise la durabilité du système industriel.

1.1.4 Écologie industrielle et développement durable

Le concept de l'EI émerge dans la foulée du rapport Bruntland (CMED, 1987) et plusieurs auteurs ont fait références à la durabilité ou le développement durable (DD) (Ehrenfeld, 2004; Allenby, 1995; Schalchli, 2008). Il est donc intéressant de voir le lien qui unit l'EI au DD.

Une action, une politique ou un procédé respecte les principes du DD s'il est en mesure de concilier la performance économique, la protection de l'environnement et le bien-être social. Or, l'EI cherche à répondre aux enjeux du système industriel qui oppose traditionnellement les sphères économique, environnementale et sociale. En restructurant le système industriel, l'EI cherche à limiter le rejet de pollution et de déchets tout en préservant la croissance économique (remplacer l'approche *end-of-pipe* et dématérialiser l'économie). En quelque sorte, l'EI devient un outil pour atteindre le DD. (Brullot, 2009)

Malgré ces principes louables, Brullot (2009) met en garde que l'augmentation significative du nombre de SI ne permet pas nécessairement au système industriel, d'atteindre la

durabilité et que la SI n'est qu'un moyen parmi tant d'autres pour y arriver. En fait, de grands changements structurels sont à faire pour atteindre le DD, notamment en modifiant les modes de production et de consommation actuels qui encouragent l'utilisation des flux de matière et d'énergie. Ces changements doivent provenir à la fois du système de production et des consommateurs.

1.2 Réseaux de coopération de l'écologie industrielle

Cette section définit les bases de l'écosystème industriel que sont la SI et les synergies industrielles. Également, un rapprochement est fait avec un autre type de RIO qui s'apparente à la SI, les parcs éco-industriels.

1.2.1 Symbiose industrielle

La SI est une représentation concrète de l'EI et par le fait même, du bouclage des flux dans le système industriel. Il s'agit d'un réseau d'acteurs qui s'échangent des sous-produits, déchets ou rejets de production afin qu'ils réintègrent un autre système de production. Cette représentation découle d'une métaphore calquée des écosystèmes naturels, où chaque organisme joue un rôle précis à travers la chaîne alimentaire.

Par ailleurs, Tibbs (1993) propose les sept principes de l'EI afin de suggérer des pistes opérationnelles d'application de ce nouveau concept. Parmi ces principes : « La création d'écosystèmes industriels : il s'agit de promouvoir la coopération entre différentes activités par laquelle le déchet ou le co-produit d'un procédé de production devient la ressource d'un autre » (Brullot, 2009). Ce propos souligne le rôle du facteur humain dans la concrétisation et la mise sur pied des écosystèmes industriels, tel que mentionné par Brullot (2009) et Ehrenfeld (2004).

1.2.2 Synergie industrielle

En focalisant sur les composantes de la SI, il est possible de voir que cette dernière est composée de sous-unités constituant les rapports de coopération où des acteurs s'échangent des flux (Adoue, 2004). Ces sous-unités se nomment synergies industrielles (ou synergie éco-industrielle). Il existe deux types de synergies. La synergie de substitution représente l'échange physique d'un flux, d'un offreur à un demandeur

(repreneur) (Markewitz, 2013a; Adoue, 2004). La synergie de mutualisation se produit lorsque deux acteurs s'approvisionnent en ressources ou utilisent collectivement un service (Adoue, 2004).

1.2.3 Éco-parcs industriels

La notion de SI est liée de près à la notion de parcs éco-industriels (ou éco-parcs), puisque l'approche collaborative entre acteurs vient en réponse à des problématiques de gestion des flux de matière et d'énergie. En effet, dans les deux cas, les entreprises collaborent ensemble afin d'échanger des flux dans l'objectif que les déchets de l'un deviennent une ressource de l'autre (Brulot 2009). Ce fonctionnement des éco-parcs s'inscrit donc dans une démarche de « développement éco-industriel » (Schalchli, 2008).

La différence se situe au niveau de l'échelle d'application, où l'éco-parc industriel se situe dans une zone géographiquement définie que constitue le parc industriel ou la zone d'activité, alors que la SI n'est pas forcément restreinte à un espace défini (Brulot, 2009).

1.3 Symbiose industrielle : nécessité d'évaluation

Dans cette section, il sera question d'énoncer les avantages les bénéfices ainsi que les critiques liés à la mise en œuvre d'une SI.

1.3.1 Avantages et bénéfices

Certains auteurs affirment que les SI engendrent des bénéfices. À l'échelle d'une entreprise, des bénéfices environnementaux se traduisent par la réduction de l'utilisation de matière et d'énergie, la réduction de la quantité de déchets à éliminer, la réduction de la pollution, etc. (Gertler, 1995). Sur le plan financier, ces bénéfices sont notamment la réalisation d'économies d'échelle liées à la mutualisation de certains services et la réduction des coûts de consommation d'énergie, de transport et de traitement des déchets. Également, des revenus peuvent être générés par la vente d'énergie ou de RI (Schalchli, 2008).

À l'échelle d'un territoire, la SI peut favoriser la création d'emploi, dans des secteurs existants ou nouveaux, l'amélioration de l'environnement par la réduction des nuisances et pollutions locales. Ainsi, la SI peut apporter des bénéfices dans les dimensions du DD

(environnementaux, économiques et sociaux) et par conséquent, pouvant se traduire par l'augmentation de la compétitivité des organisations et l'attractivité du territoire (Schalchli, 2008).

1.3.2 Quelques critiques

Malgré cela, il est pertinent d'apporter quelques critiques à l'égard des effets de la SI. Les entreprises engagées dans une démarche de ce genre ont une perte de flexibilité au niveau des progrès de leurs procédés et de leur prise de décision. Autrement dit, si une organisation dépend d'une autre organisation pour son approvisionnement, cela contraint l'offreur à utiliser dans les procédés de production afin d'éviter d'utiliser un sous-produit sans intérêt pour le demandeur.

Dans le même ordre d'idée, les organisations utilisant des sous-produits peuvent être très sensibles à quelque variations de la qualité des matières échangées des risques de contaminations (Schalchli, 2008). Il en va de même pour la quantité de matière échangée en prenant en compte le fait que la taille d'un flux est l'un des critères de l'évaluation du potentiel d'une synergie (Adoue, 2006).

Enfin, dans une perspective plus large, l'EI peut mener à certaines distorsions économiques, comme produire de l'électricité par une source plus coûteuse qu'une autre ou à des distorsions environnementales infligées par effet rebond¹ (Erkman, 2004).

1.3.3 Évaluation d'une symbiose industrielle

La littérature démontre que l'évaluation de la performance des SI fait défaut alors que la pertinence est démontrée (Brulot, 2009; Decouzon et Maillefert, 2012; Duret, 2007; Maltais-Guilbault, 2011, Merly, 2008). Cela, en regard des avantages et des bénéfices rapportés, l'évaluation peut servir à la communication aux acteurs de tous les niveaux, y compris des entreprises externes pouvant s'intéresser à intégrer une SI.

¹ L'effet rebond se définit comme « l'augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... » (Schneider, 2003).

Quelques démarches d'évaluation sont menées de façon isolée, mais dans l'ensemble, peu de systèmes d'évaluation sont mis sur pied et étudiés. Il est souvent relevé que les démarches d'évaluation procèdent avec des indicateurs qui évaluent les sphères environnementales et économiques, au détriment de la sphère sociale (Decouzon et Maillefert, 2012; Merly, 2008; Duret, 2007). Aussi, Brullot (2009) avance que les indicateurs généralement utilisés ne se rapportent qu'au niveau des synergies en délaissant les niveaux de l'entreprise ou du territoire.

Pour tenter de répondre en partie au bilan de la littérature, trois cas d'étude sont brièvement analysés dans le chapitre 2. D'abord, le contexte de chacun de ces cas d'étude est abordé. Par la suite, il est question de présenter les indicateurs composant ces systèmes d'évaluation pour analyser les différences entre chacun d'eux et tenter d'extraire des améliorations en vue de la construction de l'outil d'évaluation.

2 ÉTAT DE L'ART DE L'ÉVALUATION D'UNE SYMBIOSE INDUSTRIELLE

Comme il a été dit, les SI peuvent engendrer des bénéfices dans les différentes sphères du DD. Néanmoins, ces bénéfices ne sont pas systématiques et il est pertinent de développer un outil d'évaluation afin d'éviter qu'une SI entraîne un transfert de pollution ou un effet rebond. Dans le but de relever les thèmes d'évaluation et indicateurs récurrents dans la littérature, cette section se penche sur les cas d'études de la littérature ayant mis en œuvre une démarche d'évaluation

2.1 Groupes d'étude français : COMETHE et ARPÈGE

Les démarches d'évaluation en France proviennent de groupe ou de consortium ayant un mandat élargi à l'étude de l'EI, mais qui s'intéressent notamment à l'évaluation de SI.

Le projet COMETHE (Conception d'Outils MÉTHodologiques et d'Évaluation pour l'EI) est un projet cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche afin de développer des outils méthodologiques d'aide à la décision pour la mise en place de démarches d'EI. COMETHE de fournir des renseignements, des outils et des fiches techniques sur l'évaluation des démarches de SI. Les travaux de COMETHE portent sur l'évaluation *ex ante* des démarches de SI, c'est-à-dire lors des diagnostics des synergies à l'état initial (COMETHE, 2008). Le système d'évaluation construit par ce groupe d'étude est disponible à l'annexe 1. Cependant, COMETHE utilise des indicateurs qui se retrouvent également dans d'autres systèmes d'évaluation de la performance des SI (Laybourn and Morrissey, 2009; Merly, 2008). Cela permet de croire que certains des indicateurs de COMETHE peuvent être repris pour construire l'outil d'évaluation présenté au chapitre 5.

L'atelier de réflexion prospective en écologie industrielle (ARPÈGE) est un consortium tenu de 2007 à 2009 et regroupait des acteurs de la recherche, des acteurs industriels ou économiques et des acteurs de l'EI. En 2008, ce groupe d'étude publie l'*Étude bibliographique sur les indicateurs de l'EI* dans laquelle une section est consacrée aux indicateurs de SI. Cette étude constitue un apport appréciable en regard de l'évaluation de la SI puisque beaucoup de liens y sont directement faits. En effet dans tous les exemples de SI étudiées, les indicateurs des flux de matière et d'énergie sont systématiquement pris

en compte (Merly, 2008). Ce constat justifie l'utilisation de ces indicateurs pour l'élaboration de l'outil d'évaluation.

2.2 *National Industrial Symbiosis Project*

Le *National Industrial Symbiosis Project* (NISP) est une initiative du secteur privé œuvrant dans la coordination des programmes régionaux de SI, sur le territoire de la Grande-Bretagne. La mission du NISP est d'uniformiser le développement des SI à l'échelle nationale. Concrètement, il facilite la communication et les contacts entre entreprises et régions (Maltais-Guilbault, 2011, Laybourn, 2013). En janvier 2013, le Programme comportait plus de 15 000 organisations membres, de toutes tailles (Corporations, petites et moyennes entreprises (PME) et très-petites entreprises) œuvrant dans plusieurs secteurs et offrant plusieurs types de ressources (Laybourn, 2013). Le NISP bénéficie d'un financement public du gouvernement britannique ainsi que des contextes réglementaires et politiques favorisant l'intégration d'organisations au réseau.

Le programme NISP mise sur l'échange d'information pour assurer son développement. Les entreprises font partie du programme et bénéficient des services de celui-ci tout à fait gratuitement. En revanche, une exigence contractuelle contraint ces dernières à transmettre les informations demandées et vérifiées par une firme externe. En assurant la confidentialité des données, le NISP est en mesure de produire des rapports annuels pour communiquer aux parties prenantes intéressées et favoriser le recrutement de nouveaux membres.

Tableau 2.1 : Système d'évaluation de la performance des symbioses industrielles du *National Industrial Symbiosis Project*.

Thème d'évaluation	Indicateurs
Économie	Coût en moins pour les industriels Vente en plus pour les industriels Investissement pour les installations de recyclage.
Environnement	Tonnes de matières détournées des décharges Tonnes de CO2 évitées Tonnes de matières vierges économisées Tonnes d'eau potable en moins utilisée Tonnes de déchets dangereux supprimés
Social	Nombre d'emplois créés Nombre d'emplois sauvés

(Tiré de : Merly, 2008)

Les indicateurs de performance exigés par le NISP figurent au tableau 2.1. Ces indicateurs figurent directement dans le rapport *The Pathway to a Low Carbon Sustainable Economy* où elles sont agrégées avec d'autres données (Laybourn and Morrissey, 2009).

2.3 Les lois sur l'économie circulaire chinoise

En 2003, l'économie circulaire devient une politique publique prioritaire du gouvernement chinois afin de mieux encadrer la croissance industrielle du pays d'un point de vue environnemental. L'économie circulaire est un concept similaire à l'EI. Diverses lois adoptées à l'échelle nationale émanent de cette politique. En premier lieu, la *Cleaner Production Promotion Law* entre en vigueur en 2003 et elle est rédigée en même temps que l'amendement de la loi *Law on Pollution Prevention and Control of Solid Waste* qui elle, entre en vigueur en 2005. Par la suite, le *National People's Congress of China* adopte en 2008, la *Circular Economy Promotion Law*. L'objectif de cette loi est de promouvoir le développement de l'économie circulaire en améliorant l'utilisation efficiente des ressources, de protéger l'environnement et de développer durablement l'économie. Ainsi, selon la politique nationale, il est de la responsabilité de tous les ministères concernés par la politique de l'économie circulaire, de faire la promotion des applications de l'économie circulaire. En date de 2012, cinquante projets d'éco-parcs industriels sont en opération et agissent à titre de projets pilotes. (Geng et autres, 2012)

Le *National Development and Reform Commission* et le *Department of Resource and Environment* se coordonnent et collaborent pour planifier les politiques nationales, élaborer les indicateurs nationaux de l'économie circulaire et assurer la communication à tous les niveaux. Ces agences gouvernementales exigent des organisations qu'elles communiquent leur performance environnementale publiquement. (Geng et autres, 2012)

De cette façon, il est possible pour ces agences de fournir un programme d'évaluation nationale à partir d'indicateurs d'économie circulaire, présenté au tableau 2.2. Il est possible de retrouver des indicateurs de bilan de masse et du principe du 3-R (*Reduction, Reuse and Recycle*). Les indicateurs utilisés concernent principalement les niveaux des organisations elles-mêmes puis au niveau national. (Geng et autres, 2012)

Tableau 2.2 : Système d'évaluation de la performance des parcs éco-industriels du projet de la *National Development and Reform Commission* et du *Department of Resource and Environment*.

Thème d'évaluation	Indicateurs
Taux de résidus sortant disponibles	Résidus du minerai principal Résidus d'énergie
Taux de consommation des ressources	Consommation d'énergie par unité de PIB Consommation d'énergie par valeur industrielle ajoutée Consommation d'énergie par unité de production dans les secteurs – clés de l'industrie Prélèvement d'eau par unité de PIB Prélèvement d'eau par valeur industrielle ajoutée Consommation d'eau par unité produite dans les secteurs –clés de l'industrie Coefficient d'utilisation de l'eau pour l'irrigation
Taux de l'utilisation des ressources intégrées	Taux de recyclage des déchets industriels solides Ratio de la réutilisation de l'eau industriel Taux de recyclage des eaux usées municipales récupérées Taux de traitement sécuritaire des déchets solides domestiques Taux de recyclage des déchets ferreux Taux de recyclage des déchets de métaux non-ferreux Taux de recyclage des déchets de papier Taux de recyclage de plastique Taux de recyclage du caoutchouc
Disposition des déchets et émissions polluants	Quantité totale des déchets industriels à l'élimination Quantité totale de la décharge des eaux usées Quantité totale des émissions de SO ₂ Quantité totale de décharge de la demande chimique en oxygène

(Traduction libre de Geng et autres, 2012)

3 PRÉSENTATION DU CAS D'ÉTUDE : SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR

Ce chapitre présente le cas d'étude sélectionné dans le cadre de cet essai afin de faire l'expérimentation de l'outil d'évaluation qui sera présenté dans le chapitre 5. Dans un premier temps, il est question de justifier la sélection de la SIB comme cas d'étude pour ce travail. Dans un second temps, la présentation de la SIB fera le portrait historique et actuel de la SIB en présentant les moyens de la SI ainsi qu'une brève description des échanges dans le réseau.

3.1 Choix du cas d'étude

À présent il convient d'explicitier le choix du cas d'étude de la SIB.

Le CTTEI veille à l'animation de quatre SI sur le territoire québécois. Selon les connaissances actuelles de la littérature, il ne semble pas avoir un cas de SI au Québec utilisant ou ayant développé un outil d'évaluation prenant en compte plusieurs critères de la performance et des bénéfices. Considérant l'importance de l'évaluation auprès des démarches de SI, cet outil comble un besoin.

De plus, le cas de la SIB semble propice à cet exercice en raison du degré de maturité par rapport aux autres SI en cours au Québec. Après discussion avec la directrice des SI au CTTEI, celle de Bécancour est la plus avancée à l'heure actuelle (Markewitz, 2013b). L'état d'avancement de la SI permet alors de mesurer la performance du réseau puisque des résultats sont publiés à l'heure actuelle.

D'ailleurs, en raison du travail de directrice qu'elle occupe au sein du CTTEI, Mme Markewitz conseille ce choix de SI, car il est judicieux sur le plan de l'obtention des sources d'information et des connaissances terrains du milieu (Markewitz, 2013b).

3.2 Description de la zone d'activités industrielles

Le Parc Industriel et Portuaire de Bécancour (PIPB) est l'un des plus grands ports en eau profonde du Nord-Est américain (SPIPB, 2007). Sa superficie est de 7 000 hectares. En 2009, il loge sur son territoire : 14 industries et 15 entreprises du secteur des services

(Markewitz, 2009). Le tableau 3.1 démontre l'accès aux infrastructures que le PIPB est en mesure d'offrir aux entreprises sur son territoire pour combler leurs besoins industriels.

Tableau 3.1 : Infrastructures et services accessibles dans le Parc industriel et portuaire de Bécancour répondant aux besoins des entreprises.

Infrastructures	Description du flux	Coûts d'approvisionnement ou de disposition	Capacité d'approvisionnement
Réseaux hydroélectriques et usine de cogénération	Hydro-électricité	Concurrentiel	
Ligne à haute pression 2400 kPa	Gaz naturel		Capacité de 213 000 m ³ à l'heure.
Cogénération 550 kWh	Vapeur		
Réseau municipal	Eau potable	0,36\$ /m ³	Réseau municipal plus réserve SPIPB de 5 600 m ³
Voie naturelle du Fleuve St-Laurent	Eau industrielle	Entre 7,19 - 49,35\$ /m ³ par jour, plus les excédents (0,37\$/m ³)	Capacité de 250 000 m ³ /jour
Traitées avant d'être rejetée	Égout et eaux industrielles		
Sites d'enfouissement municipal ou privé	RI	1,50\$/ m ²	

(Tiré de SPIPB, 2007).

Les entreprises du PIPB ont accès au réseau hydroélectrique d'Hydro-Québec en plus d'une ligne à haute pression pouvant approvisionner les entreprises en gaz naturel. Une usine de cogénération peut fournir jusqu'à 550 kWh. (SPIPB, 2007). Les sources d'approvisionnement en eau sont le réseau municipal d'eau potable ou encore à partir du Fleuve St-Laurent, sans traitement d'eau. Les eaux usées industrielles des entreprises du Parc doivent être traitées avant d'être rejetées dans le Fleuve St-Laurent. (SPIPB, 2007). Pour la gestion des RI, les entreprises font affaire avec leurs prestataires de ce service Il est à noter qu'avant la création de la SI, certaines entreprises du PIPB mutualisent déjà la gestion de certains RI au sein du Carrefour de Valorisation des Sous-Produits Industriels (Markewitz, 2009).

3.3 Portrait de la symbiose industrielle de Bécancour

En 2008, le CTTEI lance une invitation aux entreprises du PIPB à se joindre au projet de SI en leur mentionnant les enjeux et les implications d'une telle démarche. À la fin de la première phase, 12 entreprises se joignent au projet. Le CTTEI agit à titre de porteur de dossier et mène le projet en apportant l'expertise dans le domaine de la SI. Le projet reçoit le soutien du Créneau Technologies et systèmes logistiques de récupération et de valorisation de matières résiduelles, du comité régional du Projet ACCORD (Action Concertée de Coopération Régionale de Développement) et de la Conférence Régionale des Élus Centre-du-Québec. Le projet ACCORD consiste en un projet visant à créer des créneaux d'excellence dans les régions et à supporter les initiatives allant dans ce sens (Markewitz, 2009; 2013a).

3.3.1 Mise en œuvre de la SIB

La première phase du projet débute au cours de l'année 2008. Durant cette phase, le CTTEI cherche à déceler les différentes possibilités d'échanges de flux en plus d'étudier les débouchés ou la faisabilité de ces échanges. Après cela, des propositions de synergie sont suggérées aux entreprises. Suite à un processus d'évaluation avec les entreprises, les synergies sont validées ou invalidées.

Durant la seconde phase du projet, des synergies se concrétisent et d'autres possibilités d'échanges sont à l'étude. Un travail est également fait pour trouver d'autres débouchés pour certaines matières. En 2013, neuf entreprises sont dénombrées dans la SIB. Des entreprises externes à la SI peuvent participer à certaines synergies.

Les synergies peuvent être complétées par des entreprises participantes et au moment de la publication du rapport d'activité, cinq d'entre elles avaient un lien à la SI par une synergie (Markewitz, 2013a). Toutes sont situées sur le territoire de la région du Centre-du-Québec. Bien que le nombre d'entreprises participantes ait légèrement diminué par rapport à la phase 1 du projet, le nombre de synergies potentielles a augmenté.

3.3.2 État des synergies de la SIB

Quant aux types de matières échangées par les synergies, 134 matières sont proposées à partir des informations obtenues par les entreprises. Il est possible de classifier ces matières dans sept catégories différentes. Le tableau 3.2 donne la classification des synergies selon le type de flux à la base de l'échange et sa quantité.

Tableau 3.2 : Tableau synergies de la symbiose industrielle de Bécancour selon les différents types et la génération annuelle des flux.

Type de matière	Nombre de synergies	Volume échangé
Eau	1	640000 t/an
Métal et boue de métal	8	3373 t/an
Plastique et caoutchouc	11	1179 t/an
Huiles et graisses	13	286 t/an
Papier-carton	4	178 t/an
Autre composé inorganique	2	106 t/an
Autre composé organique	1	1,5 t/an

(Inspiré de : Markewitz, 2009)

Les catégories de matière les plus échangées en termes de quantité sont « Eau », « Métal et boues de métal » et « Plastique et caoutchouc ». Les catégories « Huiles et graisses » et « Papier et carton » sont échangés en quantité considérables. En termes du nombre d'échange, les catégories « Huiles et graisses », « Plastique et caoutchouc » et « Métal et boues de métal » font l'objet d'échange dans une synergie.

3.3.3 Diagnostic de la SIB

Un portrait général du cas d'étude devra être dressé avant d'entreprendre le calcul des indicateurs applicables à la SIB. Ce diagnostic a pour objectif de voir la quantité et le type d'échanges de flux en cours dans la SIB.

L'annexe 2 contient le tableau des synergies concrétisées de la SIB en indiquant l'offreur et le demandeur, une description et la quantité de flux échangés. Les données issues de

ce tableau fournissent des informations utiles pour calculer les indicateurs de l'outil d'évaluation. Il est cependant à noter que pour des raisons de confidentialité, les noms des entreprises ont été modifiés.

3.4 Évaluation de performance et symbiose industrielle de Bécancour

À l'heure actuelle, le CTTEI mesure les gains économiques, environnementaux et sociaux. Une brève étude de la démarche d'évaluation faite par le CTTEI à l'endroit de la SIB permet de voir quels sont les indicateurs pris en compte et de voir les moyens par lesquels il est possible de collecter l'information.

Tableau 3.3 : Indicateurs des gains évalués par le Centre de Transfert Technologique en Écologie Industrielle.

Thème d'évaluation	Indicateurs
Gains économiques	Coûts d'élimination annuels Économies liées à l'acquisition de la matière vierge Revenus liés à la vente de flux sortants
Gains environnementaux	Santé humaine Qualité des écosystèmes Changements climatiques Quantité de matière détournée de l'enfouissement
Gains sociaux	Création d'emploi Partenariat international Transfert technologique

(Inspiré de : Markewitz, 2013a)

Dans le processus d'évaluation mené par le CTTEI, deux types d'informations sont utilisées. D'abord, des sources primaires sont utilisées lorsque les entreprises ont la capacité de mesurer les indicateurs ou encore lorsqu'elles acceptent de les partager. Ces sources primaires peuvent être les entreprises directement, à partir de la base de données Synergie Québec ou alors par enquête ou sondage effectué avec l'entreprise. S'il n'est pas possible d'avoir des informations de cette façon, des sources secondaires peuvent être utilisées pour combler les besoins. Par exemple, lorsqu'une entreprise ne fournit le prix d'achat pour une matière vierge faisant l'objet d'un échange, une recherche internet permet de trouver le prix pour cette matière sur le marché. (Markewitz, 2013a)

4 MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE D'UNE SYMBIOSE INDUSTRIELLE

Selon les propos de Schalchli (2008), l'un des enjeux majeurs de la mise en œuvre d'une démarche de SI est l'« animation dynamique et pérenne grâce à un effort soutenu en termes de communication interne et externe ». L'évaluation joue un rôle qui peut s'insérer à plusieurs étapes du processus. En effet, lors des phases du diagnostic de l'étude des faisabilités, l'évaluation de type *ex ante* sert à mettre en évidence les opportunités dont les organisations peuvent bénéficier d'intégrer la démarche. Lorsque la mise en œuvre opérationnelle débute, l'évaluation *in itinéri* permet de vérifier la qualité des décisions et les conséquences des actions prises (Decouzon et Maillefert, 2012). Enfin, lorsque la SI est opérationnelle, l'évaluation *ex post* permet de faire la gestion des synergies en mesurant la performance de celles-ci, tout comme dans la logique de la formule du management Planifier – Réaliser – Mesurer – Agir (*Plan – Do – Check – Act*) (Decouzon et Maillefert, 2012; Ferrand, 2000). Ainsi, l'évaluation est un instrument d'analyse et de communication facilitant la gestion de la SI.

Dans le but d'informer sur les notions et principes de l'évaluation et les étapes du déroulement d'une démarche d'évaluation de SI, cette section propose un guide méthodologique pour l'élaboration d'un outil d'évaluation. Par la suite, une attention sera portée sur les indicateurs de performance afin de définir et proposer les bases à prendre en compte pour l'élaboration de la grille d'indicateurs. Enfin, une suggestion des grandes étapes de la démarche sera présentée pour guider les agents d'évaluation dans leur cheminement. Ce guide est orienté vers la personne ayant le rôle de coordination ou d'animation de la SI afin de diriger la mise en place d'une démarche d'évaluation, mais aussi les acteurs de l'évaluation pour les autres niveaux de la SI.

4.1 Agents d'évaluation d'une symbiose industrielle

Avant toute chose, il faut rassembler les personnes concernées par l'évaluation de la SI afin de déterminer sommairement les rôles et responsabilités de ces agents d'évaluation.

L'évaluation de la SI peut être partagée entre l'animateur et un comité dédié à cet effet. Ce comité d'évaluation peut être formé d'employés issus des entreprises afin de donner un

regard d'ensemble sur les attentes et les moyens financiers, humains et techniques de leurs organisations. Dans ce contexte, il est plus facile de juger du déploiement des indicateurs dans les organisations (Voyer, 2002). Parfois, une organisation de recherche (centre de recherche, agences gouvernementales ou territoriales, bureaux d'étude) peut s'intégrer dans la démarche de SI (Schalchli, 2008, Markewitz, 2013a; 2009). Il est tout à fait à propos de les inclure dans ce comité d'évaluation. L'apport de leur expertise ou de leurs instruments d'analyse est un avantage pour la réalisation de la démarche d'évaluation (Markewitz, 2013a; 2009; Finlayson, 2013).

La formation d'un comité responsable de l'évaluation peut avoir plusieurs bénéfices. D'une part, l'évaluation doit prendre en compte les attentes, les besoins en informations des différentes organisations du réseau. Pour créer un outil d'évaluation applicable dans la réalité, la capacité des organisations doit être prise en compte dans la conception de l'outil. Enfin, les agents d'évaluation supportent le travail de l'animateur en ayant certaines responsabilités à l'interne des organisations. (Waldner, 2006; Denoual et McCollough, 2007)

L'animateur détient le rôle d'animation et de coordination de la SI. Pour la démarche d'évaluation, son rôle est de diriger les rencontres de comité d'évaluation et de guider les personnes qui participent à cette démarche pour planifier la démarche d'évaluation de la SI. Il oriente la démarche pour qu'elle couvre tous les niveaux d'information, de l'entreprise (micro), de la synergie, de la SI (mésos) et du territoire. Il doit également mesurer la qualité des décisions prises antérieurement ou encore sur la gouvernance du réseau. (Schalchli, 2008; Ferrand, 2000; Denoual et McCollough, 2007)

4.2 Indicateurs de performance d'une symbiose industrielle

Dans le but de mesurer la performance et les bénéfices d'une SI, le comité d'évaluation doit mettre en œuvre un système d'évaluation selon les intérêts et les considérations qui les concernent. Dans un premier temps, cette section définit les concepts inhérents à la performance de la SI. Dans un second temps, il sera question d'établir la marche à suivre pour amorcer la démarche d'évaluation de la SI.

4.3 Définition des concepts

Voyer (2002) donne une définition assez complète de ce que peut être un indicateur :

« Un indicateur est un élément ou un ensemble d'éléments d'information significative, un indice représentatif, une statistique ciblée et contextualisée selon une préoccupation de mesure, résultat de la collecte de données sur un état observable, d'un phénomène ou sur un élément lié au fonctionnement d'une organisation ».

Le gestionnaire ou l'animateur utilisent les indicateurs dans le but de prélever et d'isoler des éléments d'information qui fondent la notion de performance et que malgré la complexité de la situation, ils sont capables d'en faire un portrait simple et communicatif (Voyer, 2002; Gautam and Singh, 2010).

4.3.1 Qualités d'un indicateur

Peu importe leur nature qualitative ou quantitative, les indicateurs doivent respecter certains critères pour être jugé de qualité. À partir de la littérature et des principes du *Global Reporting Index*, Blais (2011) fait une synthèse des qualités d'un indicateur :

- Être communicatif
- Être précis
- Être faisable à développer
- Être pertinent pour décrire la situation

Lorsque le comité d'évaluation construit le système d'évaluation, il doit aussi s'assurer que les indicateurs permettent de suivre l'évolution de la situation et donc de comparer les données dans le temps et dans l'espace. Idéalement, ils doivent être peu coûteux et faciles à implanter dans les organisations (Blais, 2011; Ferrand, 2000; GRI, 2006; Waldner, 2006).

Il est important de toujours porter une attention rigoureuse à la comparabilité des indicateurs pour éviter au mieux une distorsion lors de l'interprétation. À titre d'exemple, la consommation d'électricité en hiver doit tenir compte des variations saisonnières et doit être portée sur plusieurs années afin de détecter une tendance et mieux gérer les

variabilités (Ferrand, 2000). C'est pourquoi une analyse du contexte est préférable lorsque vient le temps de l'analyse des résultats.

4.3.2 Types d'indicateurs

Il existe plusieurs types d'indicateurs, mais seuls les types d'indicateurs applicables à la SI sont retenus dans le cadre de cet essai. Cela signifie que des indicateurs de DD ou d'EI pourront être sélectionnés seulement s'ils permettent d'obtenir de l'information sur les aspects de la performance d'une SI. Deux classes d'indicateurs de performance de la SI figurent dans le tableau 4.1 et seront utilisées lors de cet essai.

Tableau 4.1 : Tableau synthèse des types d'indicateurs de symbiose industrielle et leurs caractéristiques.

Types d'indicateurs	Type de données	Utilisateurs	Destinataires
Indicateur de performance opérationnelle	Bilan des flux entrants et sortants des organisations membres	Comité d'évaluation Animateur ou organisme de recherche	Animateur Entreprises
Indicateur d'impacts	Bénéfices et conséquences de la SI sur le territoire.	Entreprises Animateur ou organisme de recherche	Entreprises Instances politiques Partenaires privés Organisme de recherche

(Compilation d'après Ness et autres, 2007; Waldner, 2006; Schalchli, 2008; Decouzon et Maillefert, 2012)

Comme l'indique le tableau 4.1, l'indicateur de performance opérationnelle permet à l'animateur d'obtenir des informations quant aux flux de matières ou d'énergie (Orée, 2003; Merly 2008). À priori, le prédiagnostic de la SI aide à déterminer les flux et leur quantité pour trouver des synergies potentielles. Cependant, une analyse des flux peut aider à calculer la performance de la SI dans leurs échanges synergiques (Ness et autres, 2007).

Cette connaissance de la performance des synergies permet de calculer les impacts environnementaux et économiques liés à l'activité des SI (Decouzon et Maillefert, 2012, Markewitz, 2013a). Les indicateurs d'impacts fournissent ainsi de l'information à l'animateur pour qu'il puisse communiquer les résultats de la SI aux parties intéressées

telles que les municipalités, les municipalités régionales de comté (MRC), les bailleurs de fonds et autres acteurs concernés. La même information pourrait être éventuellement reprise par des organisations pour la communication externe de leur performance environnementale ou économique.

4.3.3 Performance d'une symbiose industrielle

Traditionnellement, la performance reposait presque uniquement sur la dimension financière. Par contre, depuis l'émergence des concepts de capitaux humains et organisationnels dans les organisations, la perception de la valeur dépassa le seul cadre financier. La théorie des parties prenantes confirme cette évolution et élargit la notion de performance aux dimensions organisationnelles, sociales et environnementales (Gautam and Singh, 2010).

La définition de performance est relative à la culture, à l'environnement d'un réseau et à la vision même de la performance des acteurs concernés, ce qui rend difficile d'en établir une définition générale. Une définition dite classique pourrait se traduire par les résultats d'une RIO à atteindre ses objectifs à l'égard de ses enjeux, attentes et exigences de son environnement (Bourguignon, 2000). En considérant les intérêts, les enjeux et les considérations des acteurs de la symbiose, la définition de la performance d'une SI se décompose en plusieurs dimensions : économiques, environnementale, organisationnelle et sociale (Merly, 2008). Cette section tentera de définir une définition de la performance avec des fondements théoriques obtenus de la littérature.

Dimension économique

D'un point de vue théorique, la performance économique du réseau comme une SI repose sur trois caractéristiques. Les processus de gestion interne du réseau reposent sur l'implication des membres en matière de ressources humaines (RH) et financières au sein de la symbiose, notamment le temps de main-d'œuvre et les investissements. La croissance organisationnelle fait référence aux bénéfices obtenus tant pour le niveau de l'entreprise que l'organisation, qui découle de la coopération. La mesure des actifs, qu'ils soient matériels ou immatériels, est en parallèle avec le dernier élément puisqu'il s'agit d'évaluer l'influence de la participation à la SI sur les capitaux financiers et immatériels.

Plus concrètement, il est possible de voir ces caractéristiques se transposer dans plusieurs systèmes d'évaluation de SI qui se traduisent par la mesure des coûts de mise en œuvre et de mesurage (Verville, 2013), les gains économiques (Markewitz, 2013a) et les retours sur investissement (Merly, 2008; Laybourn and Morrissey, 2009). Comme il a été vu avec la méthodologie de COMETHE, les bénéfices sur le développement territorial font partie de la performance économique (COMETHE, 2008; Decouzon et Maillefert, 2012).

Dimension environnementale

Enfin, en ce qui concerne la performance environnementale, elle se mesure par la capacité de la SI à réduire ses impacts sur l'environnement et par la réduction des pressions environnementales (Turki, 2009). Plus concrètement, cette définition de la performance environnementale semble en adéquation avec les principes de l'EI et de l'écorestructuration mentionnés à la section 1.1. Rappelons que la SI cherche à découpler des flux de la croissance économique par une utilisation optimale des flux et cherchent à limiter la perte et les émissions dissipatives par le bouclage des flux (Erkman, 2004; Brulot, 2009, Schalchli, 2008).

Dimension organisationnelle

Dans la notion de performance des RIO, la dimension organisationnelle concerne la relation entre les organisations membres et la SI. Chaque niveau possède des stratégies et des objectifs et des parties prenantes différentes qui ne sont pas nécessairement transposables d'un niveau à l'autre. Il s'agit donc des mécanismes de gouvernance mis en place pour tenir compte des réalités et enjeux de chaque acteur actif dans le réseau (Capiez, 2008). Au niveau de la SI, la performance organisationnelle s'appuie sur les valeurs définies par les acteurs de la SI et leurs comportements à travers les relations avec les autres organisations ou acteurs. Même si la performance organisationnelle n'est pas soulignée comme telle, les mécanismes mis en place et les comportements des acteurs peuvent contribuer à consolider le niveau de confiance. Par conséquent, cela mène à l'amélioration de la performance générale de la SI (Donada et Nogatchewsky, 2007; Chu and Fang, 2006).

Dimension sociale

Dans la littérature, la dimension sociale de la performance est fortement liée avec la responsabilité sociale de l'entreprise. D'ailleurs, il est souvent admis que la performance sociale peut être représentée par la performance d'une organisation, dans les sphères autres qu'économique. Elle se mesure ainsi par le rapport entre les résultats obtenus des actions sociales de l'organisation et les moyens mis en œuvre pour les atteindre (RSE-pro, 2013). Il est souvent rapporté que la dimension sociale des SI se résume aux considérations liées à l'emploi sur un territoire (Merly, 2008). Cependant, la méthodologie COMETHE semble intégrer dans son système d'évaluation, des indicateurs de l'impact social de la SI, c'est-à-dire sur le milieu de vie des riverains à proximité (COMETHE, 2008). Il est donc intéressant de voir que la performance sociale d'une SI concerne les enjeux socio-économiques, mais également les considérations liées à la qualité de vie.

4.4 Démarche d'évaluation de la performance

L'évaluation d'une SI demeure une démarche devant s'adapter à chaque contexte, selon la réalité du territoire politique, économique, juridique, social et environnemental. Ce cadre dresse les balises chronologiques sur lesquelles l'animateur et le comité d'évaluation devraient construire leur outil d'évaluation.

Pour que la démarche d'évaluation réussisse, les indicateurs doivent être pertinents afin de répondre aux besoins des destinataires à qui l'information est destinée. Cela permettra de mener une démarche qui favorise la gestion de la SI au niveau des synergies et rapportera de l'information pour les communications aux acteurs de la SI et les parties prenantes. Par conséquent, il est recommandé de rassembler les acteurs pouvant contribuer à préciser les objectifs d'évaluation et à déterminer les enjeux de la SI (Waldner, 2006). Il est important de rappeler que chaque SI fonctionne selon les capacités financière du réseau et des entreprises, au niveau des RH et du financement.

D'abord, le comité d'évaluation et l'animateur fixent les moyens par lesquels l'information sera prélevée et analysée et les modalités de rencontre. Il est important de déterminer les périodes de collecte d'informations et d'analyse de celles-ci (Waldner, 2006).

Puis, le comité d'évaluation doit préciser les moyens financiers à disposition pour réaliser cette démarche d'évaluation. Gibson (2001) ajoute qu'il est préférable de faire preuve de modestie afin d'assurer que les entreprises puissent participer à la démarche, à la hauteur de leur capacité. Également, il peut être utile de construire un schéma des parties prenantes de la symbiose pour déterminer les priorités de communication ainsi que leur contenu (Waldner, 2006).

Par la suite, il est important de déterminer l'objectif de l'évaluation, en rapport avec le type d'évaluation à effectuer : *ex ante*, *in itinere* ou *ex post*. Comme il a été mentionné plus tôt, ces types d'évaluation ne cherchent pas évaluer nécessairement les mêmes composantes, soit la faisabilité, le management ou la performance et les bénéfices (Decouzon et Maillefert, 2012, Waldner, 2006; Schalchli, 2008).

En ce qui concerne, l'évaluation aux niveaux des entreprises et de la SI, les indicateurs de performance sont à développer en regard des thèmes définis préalablement par les objectifs. Pour communiquer aux acteurs extérieurs de la SI, les indicateurs devraient être définis en fonction des impacts attendus de la symbiose sur ces acteurs (Decouzon et Maillefert, 2012). Il n'y a pas de recommandations précises quant au nombre d'indicateurs à développer, si ce n'est de la capacité des organisations à pouvoir les implanter dans leurs opérations (Waldner, 2006). Dans l'éventualité où le comité d'évaluation développe un trop grand nombre d'indicateurs, il peut être adéquat de faire un tri afin d'éviter une gestion trop complexe de l'information (Merly, 2008) ou considérant les capacités parfois limitées des entreprises (Zaoual, 2011). Le choix des critères de sélection repose sur des décisions internes prises par les employés du comité d'évaluation avec l'aide du gestionnaire de la symbiose. Dans le contexte actuel de guide méthodologique, les dimensions de la faisabilité comme le temps ou les ressources humaines et financières, semblent des critères très pertinents pour évaluer si un indicateur peut être développé ou abandonné (Blais, 2011; Verville, 2013; Markewitz, 2013b). Présentée à l'annexe 3, une grille d'évaluation de la faisabilité a été construite en discussion avec Verville (2013) pour évaluer les indicateurs de l'outil d'évaluation proposé au chapitre suivant (Chapitre 5).

Enfin, la collecte et l'analyse des informations doivent être faites périodiquement selon les modalités en début de procédé par le comité d'évaluation. L'interprétation des informations obtenues doit d'être précise et bien représenter ce que l'indicateur veut cibler. Une fois

l'analyse terminée, les informations identifiées comme telles doivent être communiquées aux cibles déterminées par le comité d'évaluation et l'animateur (Waldner, 2006).

5 PROPOSITION D'UN OUTIL D'ÉVALUATION DE SYMBIOSE INDUSTRIELLE

L'évaluation d'une SI peut donc être réalisée avec l'aide d'indicateurs permettant de mesurer la performance et les bénéfices sur ses composantes et les parties prenantes intéressées. Le chapitre 4 - Guide méthodologique de l'évaluation – indique la marche à suivre pour trouver les indicateurs qui rendront possible l'évaluation des SI. Cette section reprendra ces grandes étapes énoncées en présentant les objectifs d'évaluation associés à l'évaluation des SI. Conséquemment, les indicateurs de l'outil d'évaluation sont décrits en apportant une précision sur les parties impliquées par l'évaluation. Chaque indicateur est évalué selon des critères de faisabilité de déploiement dans les entreprises, présentés à l'annexe 3.

Les thèmes d'évaluation sélectionnés dans cette section sont tirés d'étude des cas cités dans l'état de l'art, dans la littérature et avec des intervenants du milieu des SI. L'intention est alors de fournir les thèmes récurrents découlant de ces sources et de présenter la pertinence des informations qui serviront à élaborer les indicateurs.

5.1 Indicateurs de fonctionnement de la synergie

L'importance capitale du facteur humain n'est plus à démontrer dans le succès d'une démarche d'EI (Angeon et autres, 2006). Pour qu'une synergie puisse évoluer et se pérenniser, des moyens et des standards doivent être mis en place pour renforcer l'action collective des acteurs. Ces mécanismes apportent une stabilité dans les RIO et contribuent à renforcer la confiance entre les acteurs (Angeon et autres, 2006). La confiance représente l'un des facteurs qui renforcent la collaboration et la coopération entre les acteurs (Chertow et autres, 2004).

Les indicateurs du fonctionnement de la synergie se rapportent donc à la relation des acteurs d'une synergie et des mécanismes d'interactions de ces derniers. La principale difficulté de ce thème est de mesurer l'intangible, soit la relation entre les acteurs, ce qui impose certaines limites quant à l'interprétation des résultats. Dans cette section, les indicateurs cherchent à mesurer certains des éléments composant plusieurs principes des bonnes relations entre acteurs d'une synergie. Ces informations peuvent servir à l'animateur pour repérer les relations de synergies dont la qualité se détériore et prendre

les moyens pour gérer les différends pour rétablir le climat de coopération (Kurup and Stehlik, 2009).

5.1.1 Indicateurs de la confiance

La confiance au sein d'une RIO peut apporter plusieurs bénéfices au niveau des entreprises, d'où l'importance d'évaluer ces types d'indicateurs. Par exemple, la confiance peut contribuer à l'amélioration des performances économiques et opérationnelles dans le cas des relations de types fournisseurs-clients (Donada et Nogatchewsky, 2007). Une confiance élevée solidifie la relation entre les acteurs et peut favoriser le transfert de connaissances et de technologies (Jensen et autres, 2011). De plus, lorsque le niveau de confiance est élevé, les partenaires s'engagent ensemble pour mieux faire face et résoudre les incertitudes du futur. Au niveau de la SI, la confiance témoignée envers un acteur peut avoir un effet bénéfique sur le développement de relations, pouvant contribuer à l'augmentation des relations synergétiques (Donada et Nogatchewsky, 2007).

La confiance attribuée aux échanges entre les acteurs d'une synergie repose sur divers antécédents. Dans leur article, Chu et Fang (2006) avancent que la communication et la satisfaction des acteurs sont des éléments de la confiance parmi ceux qui agissent le plus sur la performance de la RIO. En utilisant ces informations, l'animateur peut être en mesure de caractériser certains éléments du niveau de confiance et de pouvoir intervenir en cas de déclin de la relation. Toutefois, il est important de rappeler que plusieurs autres antécédents ont une influence sur le niveau de confiance, mais tous ne sont pas aussi facilement mesurables (Brulot, 2009). Les éléments de la confiance ciblés dans cet outil d'évaluation sont ceux pour lesquels la corrélation avec le niveau de confiance est la plus élevée.

Nombre de communication

En partageant des informations et en communiquant de façon régulière, les entreprises développent une affinité et fait progresser la compréhension des enjeux relatifs à chaque acteur. De plus, en améliorant la fréquence et la qualité des communications, cela favorise les échanges quant à certains obstacles pouvant développer des mécanismes d'action

commune coopérative (Donada et Nogatchewsky, 2007). Ainsi, une communication plus fréquente peut être l'un des facteurs qui renforcent la relation entre les entreprises.

Le premier indicateur de la qualité de la relation se rapporte ainsi à la communication entre les acteurs. Cet indicateur peut servir aux entreprises d'une synergie industrielle et à l'animateur dans une optique de gestion des RIO. L'indicateur peut être basé sur le nombre de communications faites entre les acteurs dans une période donnée. Par communication, il est entendu tous les contacts entre les personnes responsables des entreprises d'une synergie, discutant de thèmes ou de problématiques ayant un impact direct ou indirect, sur les échanges de flux ou des questions se rapportant à l'EI. Il est important de couvrir tous les moyens de communication, soit les échanges en personne, par conversations téléphoniques, courriels et échanges virtuels.

Soit :

N communications syn

Où :

N communications syn représente le nombre de communications entre les acteurs d'une synergie sur une période annuelle, exprimée en nombre absolu.

Cet essai ne traite que du nombre de communications entre les entreprises puisque cet indicateur représente une gestion de l'information assez importante en raison des mises à jour du registre des communications. Cependant, l'idéal serait également de collecter ou d'avoir une estimation de la qualité de la relation entre les acteurs, peut-être au moyen d'entrevue ou de sondage, dépendant du besoin et des capacités des entreprises ou de l'animateur.

Cet indicateur renseigne ainsi sur la fréquence des communications entre les membres d'une synergie industrielle. L'information peut-être disponible à partir des comptes-rendus des échanges verbaux ou d'un registre de communication. Il pourrait être intéressant d'aménager à la plate-forme web dédiée à la SI, une section pour centraliser l'ensemble des communications des membres de la SI, où celles-ci pourraient être comptabilisées.

Tableau 5.1 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du nombre de communications dans une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Ajout d'une tâche supplémentaire et requiert du temps selon les moyens techniques d'une entreprise.
Ressources humaines				Ajout d'une tâche supplémentaire et un responsable doit être attiré à cette tâche.
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a)

Le tableau 5.1 démontre que le registre des communications est nécessaire pour le calcul de cet indicateur, mais la formule de gestion peut varier selon les moyens d'une entreprise. Par exemple, si une entreprise possède un système informatique assez perfectionné permettant d'archiver les communications, cela facilitera le temps investi, comparativement à un système d'archives ne le permettant pas. Les capacités de ce système influenceront également les besoins en RH.

Satisfaction d'une entreprise

Lorsque les partenaires d'une synergie sont satisfaits, cela contribue également à renforcer la confiance au sein de la relation. En effet, la satisfaction a une corrélation positive sur la confiance avec l'entreprise partenaire et cela peut contribuer à faire en sorte que les entreprises poursuivent les échanges (Donada et Nogatchewsky, 2007) tant et aussi longtemps que le contexte le permet. Chu et Fang (2006) précisent même que la satisfaction est une condition requise à la pérennité des échanges.

L'indicateur de la satisfaction pour l'entreprise d'une synergie industrielle est un indicateur de nature qualitative, basé sur l'échelle de Likert (Bertram, s-d). Cette méthode a pour but d'évaluer qualitativement le degré de la satisfaction d'une entreprise à l'égard des échanges de la synergie. La satisfaction peut se mesurer sur des critères, tels que la qualité et la quantité du flux, inscrits dans le tableau 5.2. Cependant, la satisfaction est une notion relative à chaque entreprise et il est préférable que l'animateur voie avec les

partenaires sur quelles bases les acteurs doivent s'impliquer pour garder le niveau de satisfaction le plus élevé possible.

Tableau 5.2 : Tableau des critères d'évaluation de l'indicateur de la satisfaction d'une entreprise.

Critères d'évaluation	Totalement insatisfait	Partiellement insatisfait	Neutre	Partiellement satisfait	Totalement satisfait
Êtes-vous satisfaits de la qualité du flux reçu provenant de l'offreur?	-2	-1	0	1	2
Êtes-vous satisfaits de la quantité du flux reçu provenant de l'offreur	-2	-1	0	1	2
...	-2	-1	0	1	2

L'animateur peut obtenir les informations à l'aide d'une enquête auprès des entreprises de la SI. Cette enquête peut être réalisée une fois par année en guise de suivi. Si l'accès à un logiciel est possible, un sondage virtuel rapide peut être effectué après quelques échanges.

Tableau 5.3 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la satisfaction d'une entreprise dans une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				Le responsable de l'enquête pour une entreprise peut avoir à sonder plusieurs personnes dans une entreprise.
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

Le tableau 5.3 démontre que la collecte d'information par enquête peut représenter un investissement de temps et de RH négligeable. En fait, cela peut dépendre de la structure organisationnelle de l'entreprise en regard du nombre d'employés à consulter pour obtenir pour les informations. Dans les entreprises qui possèdent plusieurs secteurs d'activité et que l'enquête de satisfaction concerne plusieurs responsables, la collecte d'information peut s'avérer plus complexe et prendre plus de temps à se réaliser. À l'inverse, dans une

entreprise où l'information est détenue par une ou deux personnes, cela prendra moins de temps.

5.1.2 Indicateur de l'avancement des synergies

Pour les acteurs qui supportent la mise en œuvre d'une SI, il peut être intéressant de connaître le niveau de maturité des synergies. Gibbs et Deutz (2007) rapportent que des synergies peuvent prendre fin suite à l'abandon de l'animateur ou du centre de recherche, car le niveau de maturité de la synergie n'était pas assez élevé. Ainsi, il s'agit d'un bon indicateur pour l'animateur et l'organisme de recherche du soutien à offrir à ces entreprises (Gibbs et Deutz, 2007). Le soutien que ces acteurs apportent à ces entreprises est important pour l'implantation de nouvelles synergies, car ils apportent de l'information pour aider les entreprises à surmonter les contraintes organisationnelles, réglementaires et informationnelles (Dain, 2010; Verville, 2013).

L'indicateur de l'avancement des synergies sert alors à l'animateur et aux acteurs de la recherche en EI, pour mesurer l'état d'avancement des synergies au sein de la SI. Cela peut leur permettre de répartir les efforts de gestion sur les différentes synergies et pour celles dont les besoins sont plus grands. Ces informations ont peu de valeur pour les entreprises elles-mêmes.

Ainsi, pour mesurer le niveau de pérennité des synergies, il suffit de reprendre les grandes étapes de ces dernières (Markewitz, 2013a; 2013b; Adoue, 2007).

- Niveau 0 : Synergies invalidées à n'importe quel moment de la mise en œuvre.
- Niveau 1 : Échange d'informations entre les entreprises ou par un tiers, pour vérifier la faisabilité de la synergie (qualitatif, technique, réglementaire, etc.)
- Niveau 2 : Échange d'échantillons pour les tests d'intégration dans la chaîne de production.
- Niveau 3 : Tests concluants et mise en place du projet pilote pour confirmer les éléments de faisabilités du niveau 2.
- Niveau 4 : Institutionnalisation des échanges en collaboration avec l'animateur et l'organisme de recherche.

Ainsi, l'indicateur de la pérennité se présente de la manière suivante.

Soit :

N avancement syn _[0-4]

Où :

N avancement syn _[0] représente le niveau 0 d'avancement de la synergie;

N avancement syn _[1] représente le niveau 1 d'avancement de la synergie;

N avancement syn _[2] représente le niveau 2 d'avancement de la synergie;

N avancement syn _[3] représente le niveau 3 d'avancement de la synergie;

N avancement syn _[4] représente le niveau 4 d'avancement de la synergie.

Pour obtenir les informations en lien avec cet indicateur, l'animateur a accès à ces données à partir des dossiers de chaque synergie. Il suffit de noter le niveau d'avancement des synergies et de mettre à jour un registre pouvant centraliser l'information.

Tableau 5.4 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du niveau d'avancement d'une synergie dans une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Le processus de décision d'une entreprise pour l'acceptation de la participation à une synergie est variable
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

Le tableau 5.4 démontre que l'obtention des données pour cet indicateur demande peu de RH ou financières puisque l'animateur fait déjà un suivi de la progression des synergies au sein de la SI. Cependant, la prise de décision à l'intérieur d'une entreprise peut prendre plus ou moins de temps, dépendant de plusieurs facteurs, dont le ratio coûts-bénéfices d'une participation à une synergie.

5.1.3 Indicateurs de la coopération interentreprises

Le développement de la confiance et de la coopération sont les deux composantes les plus importantes pour assurer toute forme de partenariat entre les entreprises (Jensen et autres (2011). Kurup et Stehlik (2009) démontrent la corrélation assez significative que la coopération soit dépendante du niveau de confiance entre les entreprises. À elle seule, la confiance n'est pas la seule raison de la coopération interentreprises, car il doit y avoir un contexte favorable sur plusieurs dimensions. Mais comme le rapporte Brullot (2009), des entreprises sont prêtes à faire preuve de mauvaise foi pour éviter de participer à une démarche de SI, si le niveau de confiance de n'est pas assez élevé. Les facteurs humains et relationnels détiennent leur importance dans le développement des RIO et des synergies industrielles. Il devient pertinent de chercher à évaluer ces facteurs. Les indicateurs proposés le sont à titre suggestif, mais des indicateurs développés selon la vision de la coopération des acteurs pourraient être développés.

Nombre de synergies

Dans une SI, la coopération peut se mesurer à partir du nombre de synergies présentes sur un territoire donné, car chaque synergie est une relation de coopération entre deux entreprises.

L'indicateur du niveau de coopération vise à évaluer le nombre d'interactions entre les membres de la SI, en lien avec les échanges de flux ou encore la mutualisation de certains biens ou services. L'animateur et le centre de recherche sont les principaux utilisateurs de cet indicateur. L'information collectée à partir de cet indicateur peut être utilisée pour noter l'évolution du nombre de synergies au sein de la SI.

Pour mesurer le nombre de synergies, cela requiert deux informations : le nombre de synergies de substitution et de mutualisation. En se référant à l'indicateur précédent, il sera comptabilisé les indicateurs des niveaux 1 à 4, c'est-à-dire où il demeure une coopération entre les acteurs.

Soit :

$$N_{\text{tot syn}} = N_{\text{syn substitution}} + N_{\text{syn mutualisation}}$$

Où :

N syn substitution représente le nombre synergies de substitution mises en œuvre dans la SI, exprimé en nombre absolu.

N syn mutualisation représente le nombre synergies de mutualisation mises en œuvre dans la SI, exprimé en nombre absolu.

N tot syn représente le nombre total de synergies mises en œuvre dans la SI, exprimé en nombre absolu.

Pour obtenir ces informations, l'animateur doit vérifier dans les dossiers de synergies, lesquelles seront prises en compte pour l'indicateur.

Tableau 5.5 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la coopération dans une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013b).

En se référant au tableau 5.5, il est possible de voir que la mise en œuvre de cet indicateur dans la SI demande peu d'implication et d'investissements à l'animateur. En effet, la collecte d'information est accessible à l'animateur puisqu'il a accès à ces données à partir du diagnostic de la SI lorsque celle-ci est en fonction. Des mises à jour doivent être faites périodiquement selon l'arrivée de nouveaux acteurs dans la SI ou l'arrivée de nouvelles synergies, mais cela fait déjà partie des tâches de l'animateur (Markewitz, 2013a).

Durée d'une relation

Pour que des entreprises entretiennent durablement une relation de coopération, il est fondamental que la confiance règne entre ces dernières. En effet, lorsque la confiance entre deux partenaires est élevée, ces derniers peuvent développer des mécanismes de

gouvernance axés sur la coopération, favorisant la pérennité des relations (Donada et Nogatchewsky, 2007). Si la confiance est alors fondamentale pour entretenir une coopération durable (Brulot, 2009), l'inverse n'est pas nécessairement vrai. Autrement dit, des facteurs conjoncturels (ex. : prix sur le marché à la baisse) ou organisationnels peuvent influencer l'arrêt d'une synergie (ex. : modification de procédés ou d'intrants) (Markewitz, 2013b).

Cet indicateur serait utilisé ainsi par l'animateur pour intégrer l'information dans un rapport d'activité de la SI et communiquer cette information au niveau public. Il peut être intéressant de communiquer cette information aux entreprises de la SI afin de les informer des activités à l'intérieur du réseau. Le calcul de cet indicateur consiste à mesurer la durée des activités synergiques de la SI, entre chacune d'elles.

Soit :

$$D_{syn_i}$$

Où :

D_{syn_i} représente la durée d'une synergie entre deux entreprises, exprimée en mois ou en année.

Tableau 5.6 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la durée d'une synergie dans une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Markewitz, 2013b).

Pour cet indicateur, la collecte d'information peut se faire sans difficulté comme le montre le tableau 5.6. L'animateur détient déjà l'historique des activités pour les synergies avec l'organisation qui aide à la mise en œuvre de ces dernières. Il y a donc peu de ressources à consacrer à la collecte et l'analyse de cet indicateur.

5.2 Indicateurs de réduction des flux

Rappelons que le bouclage des flux est l'un des principes d'application de l'EI. Autrement dit, les flux sortants d'une entreprise (offreur) sont repris par une autre entreprise (demandeur ou repreneur) et cela permet de réduire la quantité de ressource et de matière « vierge » au lieu d'être éliminés, traités ou dispersés (Decouzon et Maillefert, 2012; Geng et autres, 2008;2012; Laybourn and Morrissey, 2009; Agarwal and Strachan, 2006). Ainsi, pour évaluer la performance d'une SI, il est alors fondamental d'évaluer la réduction des flux des activités d'une SI. L'objectif de ce thème est donc de renseigner l'animateur et les entreprises sur les intrants et sortants échangés et utilisés par les entreprises du réseau (Krajnc and Glavic, 2003; Merly, 2008; Sendra et autres, 2006). Ultérieurement, ces indicateurs permettront à l'animateur de traduire ces réductions sous forme de bénéfices économiques et environnementaux.

Les indicateurs développés s'inspirent de la méthode d'évaluation *material flow analysis*, qui consiste à inventorier tous les flux de matière entrants dans un système de production. Il faut toutefois s'assurer que les indicateurs ne cherchent pas à mesurer tous les flux entrants, mais seulement ceux faisant partie d'un échange synergique (Sendra et autres, 2006; Ness et autres, 2007). Le même constat s'applique aux indicateurs de l'éco-efficacité qui donnent le rapport de la performance environnementale, basée sur l'ensemble des flux de l'entreprise et de sa performance économique (Merly, 2008). En somme, ces méthodes et indicateurs révèlent plus de la propriété de l'entreprise plutôt que de la SI.

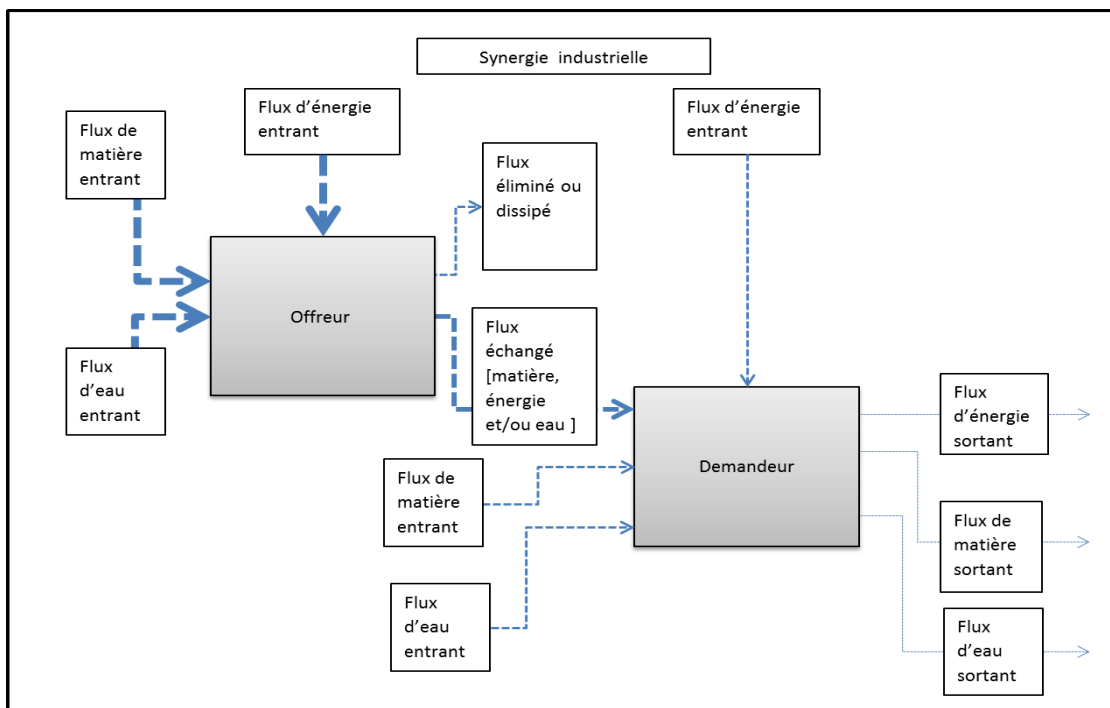


Figure 5.1 : Représentation et répartition des flux dans les systèmes de production d'une synergie industrielle.

La mesure de la réduction des flux dans une SI s'effectue dans un premier temps, au niveau de la synergie, soit de la relation entre l'offreur (celui qui offre) et le demandeur (celui qui demande). Il s'agit alors de mesurer les quantités et les volumes échangés comme il est indiqué à la figure 5.1. Dans un second temps, lorsque les résultats sont compilés au niveau de chaque synergie, les informations peuvent être compilées et analysées pour mesurer la performance globale de la SI. Il est donc possible de voir que lorsque l'offreur échange un flux avec le demandeur, cela diminue l'importance du flux éliminé ou dissipé. Quant au demandeur, si une partie de son approvisionnement provient du flux échangé, cela aura pour effet de réduire ses flux entrants.

À présent, il importe de délimiter une unité de référence — nommée cellule synergique — à laquelle les limites du système seront prises en compte pour élaborer les indicateurs. Le système débute lorsque l'offreur doit gérer ses sortants, et suivant la logique de l'EI, propose et/ou échange des résidus de sa production. Le demandeur accepte en totalité ou en partie, les RI proposés et sur entente et modalités convenues entre les deux parties, l'échange de flux est tenu. Il est possible qu'il y ait des échanges de plusieurs flux (matières, énergie et/ou eau) entre ces deux acteurs, mais dans le but de définir un

système type, un seul échange par type de flux sera considéré. S'il y a plusieurs échanges entre deux acteurs, il suffira d'intégrer les échanges supplémentaires dans les activités synergiques pour comptabiliser les flux. Il sera pris en compte que les flux exclus des échanges soient destinés à l'élimination, se nomment flux éliminé ou dissipé. Si le flux échangé n'est pas suffisant pour répondre au besoin du demandeur, il est possible pour lui d'en importer de l'extérieur de l'échange au même titre que l'offreur et dans ce cas, il s'agira d'un flux entrant. Il s'agit de la limite de la cellule synergique, ce qui fait que pour éviter les dédoublements, il ne sera pas pris en compte dans cette cellule, les échanges ou l'élimination des déchets du demandeur pour éviter de créer d'éventuels doublons.

5.2.1 Indicateurs de maîtrise de la matière

Les indicateurs de maîtrise de la matière permettent de mesurer la quantité de matière circulant dans la synergie et dans la SI. À partir de ces indicateurs, les informations obtenues permettent de quantifier des impacts économiques et environnementaux (Kurup et autres, 2005; Decouzon et Maillefert, 2012).

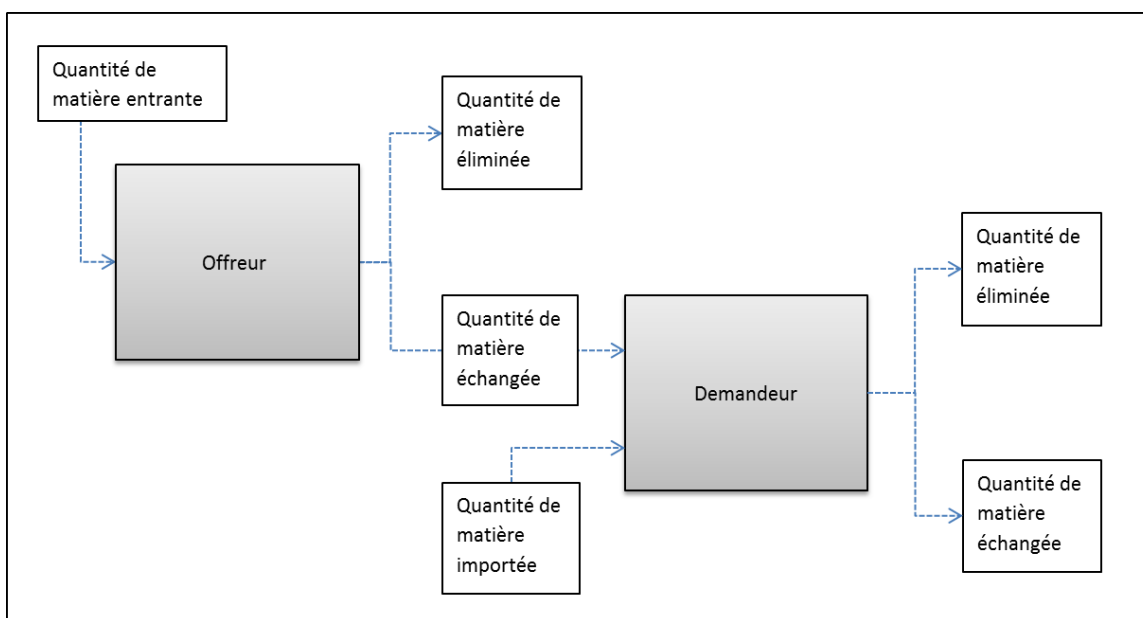


Figure 5.2 : Représentation des flux de matière à l'intérieur d'une synergie industrielle.

La figure 5.2 décrit les informations nécessaires pour les calculs des indicateurs de la maîtrise de la matière. Ces données peuvent s'obtenir soit par le biais d'une mesure physique (une balance), soit par le biais de données comptables. Il est également possible d'estimer les quantités avec une estimation visuelle et un produit croisé avec la masse volumique disponible dans des fiches de conversion. Cependant, cette technique est moins précise (Recyc-Québec, 2004; EPA, 1997).

Matière entrante

La figure 5.2 indique que les flux sortants de l'offreur se déclinent en deux types soit le flux de matière éliminée et le flux de matière échangée. Ce dernier devient l'un des flux entrant du demandeur et cette variable s'appelle donc la quantité de matière échangée. Dans le cas où il est insuffisant, le demandeur peut compléter son approvisionnement avec de la matière vierge avec son fournisseur. Ainsi, pour mesurer la quantité de matière entrante, il est possible d'utiliser ces deux variables.

Soit :

Q mat échangée

Q mat importée

Où :

Q mat échangée représente le flux d'une matière proposée par l'offreur qui entre dans le système de production du demandeur, exprimé en tonne métrique (t).

Q mat importée représente le flux d'une matière non échangée et complémentaire pour subvenir aux besoins du demandeur, exprimé en tonne métrique (t).

Dans une synergie, il est possible que les entreprises s'échangent plusieurs flux. Si le même rapport offreur-demandeur est conservé, il suffit de faire la somme pour obtenir le total des quantités de matières échangées et importées dans cette synergie. L'animateur peut par la suite faire la somme de toutes les variables pour obtenir les données au niveau de la SI.

Tableau 5.7 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière entrante dans le système de production du demandeur.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Varie selon le type de matière, la valeur et le moyen de livraison
Ressources humaines				Varie selon le type de matière, la valeur et le moyen de livraison
Ressources financières				Peut nécessiter l'achat d'équipement pour mesurer la matière entrante

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

L'obtention des données varie en fonction du type de matière, la valeur et le moyen de livraison comme le présente le tableau 5.7. En règle générale, la quantité de matière échangée sera connue par les entreprises. Les grands volumes ou tonnages de matière échangée, tels que boues, métaux et bois, peuvent nécessiter l'achat d'appareil pour l'entreposage et la mesure (Verville, 2013).

Pour les flux de matière à haute valeur de revente, les entreprises connaissent généralement la quantité de matière générée à partir de l'utilisation des données comptables ou des mesures physiques. Lorsque la valeur du flux n'est pas si élevée et que l'entreprise n'en connaît pas la quantité précise, l'entreprise peut utiliser les données comptables en extrapolant la quantité selon un rapport à la valeur d'un contrat et un coût unitaire. La quantification par estimation du volume est de mise dans les circonstances où le flux de matière générée est irrégulier. Les estimations de volume peuvent être converties en masse, avec des banques de données. Ainsi, les méthodes de quantification représentent des investissements variables en ressources selon les entreprises et les matières échangées. (Verville, 2013)

Matière sortante

Ensuite, le second indicateur de la maîtrise de la matière concerne les flux sortants de l'offreur. Cependant, il convient afin d'éviter une confusion au niveau des données de distinguer les formules pour chaque acteur de la synergie.

Soit :

Q mat. proposée

Q mat. échangée

Où :

Q mat. proposée représente le flux d'une matière sortante du système de production de l'offreur proposée au demandeur, exprimée en tonne métrique (t).

Q mat. échangée représente le flux d'une matière sortante du système de production de l'offreur et échangée au demandeur, exprimée en tonne métrique (t).

Tout comme l'indicateur précédent, la somme de tous les échanges d'une synergie peut être faite pour connaître le total des matières proposées et échangées. Si le ratio de ces deux variables est élevé, cela veut dire que l'offreur a un grand potentiel d'échange avec d'autres demandeurs.

Les données suivantes sont généralement connues par l'offreur. La quantité de matière proposée est généralement connue dès le diagnostic des flux de la SI. Cette donnée représente la totalité d'un flux ayant le potentiel d'être échangé dans le cadre d'une ou plusieurs synergies. Comme il a été vu avec l'indicateur précédent, il se peut que le flux sortant ne soit pas entièrement repris par le demandeur (ou les demandeurs). Ainsi, la différence entre quantité de matière proposée et quantité de matière échangée représente la matière restante avec un potentiel de mise en valeur, pour qu'elle soit échangée dans une autre synergie ou sinon disposée vers l'élimination.

Tableau 5.8 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière sortante du système de production de l'offreur.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Pour les matières plastiques et organiques, du temps supplémentaire est à prévoir.
Ressources humaines				Pour les matières plastiques et organiques, des RH supplémentaires sont à prévoir.
Ressources financières				Le coût d'achat peut être élevé pour acheter des balances ou pour comptabiliser certaines matières organiques comme les boues,

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

Le tableau 5.8 relate que la faible valeur de certaines matières comme les plastiques (ceux de moindre qualité) et les matières organiques, soit un frein au déploiement de cet indicateur. Selon les propos de Verville (2013) qui affirme qu'en règle générale, les entreprises ne sont pas motivées à mesurer les matériaux de faible valeur en raison du gain potentiel par rapport au coût investi. Par ailleurs, d'autres matières comme les boues ou les matières produites en gros volume peuvent nécessiter certaines installations pour permettre leur mesure ou leur entreposage (ADEME, 2013a).

5.2.2 Indicateurs de la maîtrise de l'énergie

Les indicateurs de la maîtrise de l'énergie visent à calculer la consommation d'énergie des entreprises et les échanges faits entre elles. Dans un premier temps, cette consommation se situe au niveau des entreprises et dans un second temps, il convient de les cumuler au niveau de la SI afin de quantifier la performance environnementale de la SI au niveau énergétique. Ainsi, ces indicateurs visent à mettre en valeur la réduction de source d'énergie dans les systèmes de production de l'entreprise et de la SI.

La figure 5.3 illustre la circulation des flux d'énergie dans la cellule synergique de la SI. Ce schéma permet de visualiser les flux d'énergie dans la synergie dans le but de dresser les limites du système étudié.

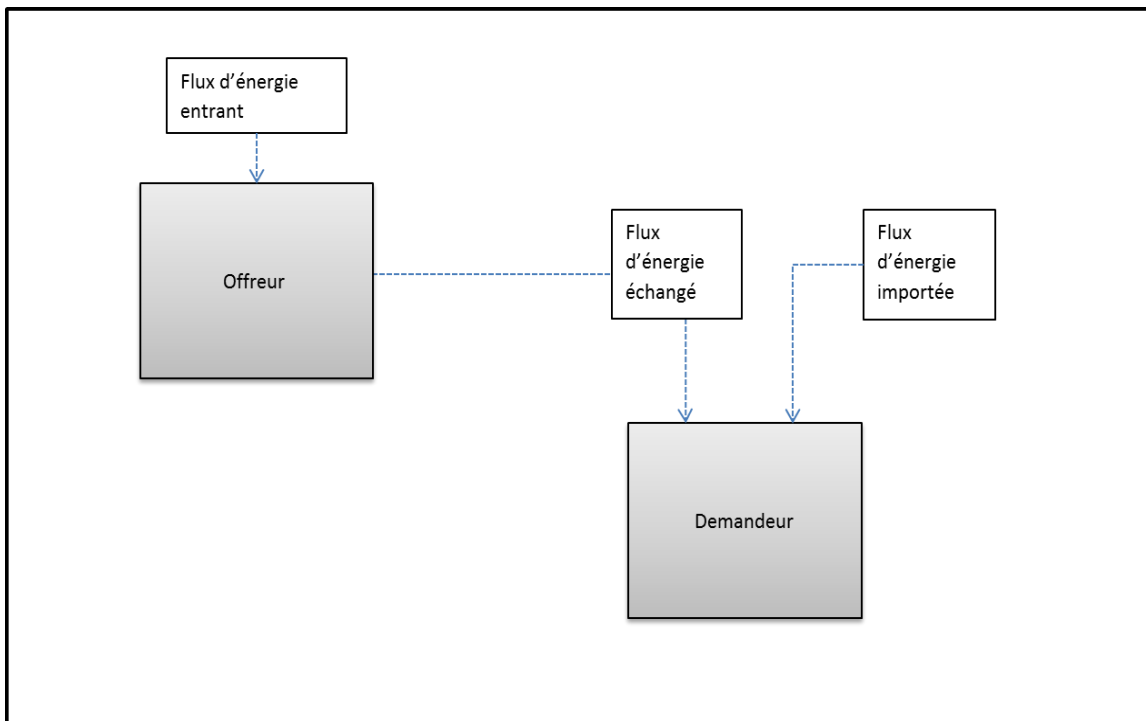


Figure 5.3 : Représentation des flux d'énergie à l'intérieur d'une synergie industrielle.

À partir du flux d'énergie entrant, l'offreur produit de l'énergie sous des formes variées telles que chaleur, vapeur, matière valorisée dans le but de produire de l'énergie. Certains échanges de sous-produits servent à la production d'énergie du demandeur, comme c'est le cas avec le bois et d'autres résidus organiques. Ces échanges détournent d'une part des RI de l'élimination et réduit d'autre part, la quantité d'énergie entrante dans le système de production du demandeur. Ce double effet doit être pris en considération dans les indicateurs relatifs à la maîtrise de la matière et de l'énergie. Avec la participation du demandeur, les infrastructures sont aménagées afin de permettre le transfert du flux d'énergie échangé, afin que ce dernier puisse l'intégrer à son système de production et ainsi réduire le flux d'énergie importée.

Énergie entrante

Dans une entreprise, les variations de la consommation d'énergie peuvent être le fait d'efforts de l'entreprise pour réduire dans son ensemble, sa consommation d'énergie, par exemple, l'utilisation d'énergie renouvelable ou des équipements plus efficaces sur le plan

énergétique (AQME, 2013). Il faut donc savoir mettre en perspective les données obtenues des entreprises. Dans ce cas, il faut se rapporter à la source d'énergie échangée entre l'offreur et le demandeur pour mesurer les effets directs du bouclage des flux. (AQME, 2013)

L'indicateur de l'énergie entrante dans une entreprise participant à la SI.

Soit :

$Q_{\text{tot}} \text{ énergie entrante}$

Où :

$Q_{\text{tot}} \text{ énergie entrante}$ représente la quantité totale d'énergie entrante dans le système de production, exprimée selon l'unité de mesure de la source d'énergie.

Il s'agit de l'indicateur qui permet de calculer l'indicateur suivant. Cet indicateur trouve sa pertinence si l'entreprise reçoit de l'énergie ou de la matière ou alors qu'elle s'intéresse à faire le suivi de sa consommation énergétique.

Tableau 5.9 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'énergie totale entrante par une entreprise de la symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013;Marketwitz, 2013a).

Le tableau 5.9 démontre que ces informations sont accessibles, car les données d'approvisionnement en énergie sont la plupart du temps connues par les entreprises. Il semble que de nouvelles ressources ne soient pas nécessaires pour les entreprises pour développer ces indicateurs. Cependant, il peut subsister une difficulté d'obtenir les informations par l'animateur, si celles-ci sont de nature sensible pour les entreprises.

Énergie échangée

La synergie industrielle permet au demandeur de diminuer en partie ou complètement son approvisionnement ou alors d'améliorer sa source d'approvisionnement en énergie. Pour apporter une précision, le flux d'énergie échangée pour le demandeur se présente en deux types : le flux d'énergie échangée (énergie produite par l'offreur et échangée sans transformation par le demandeur) et le flux d'énergie produite (énergie produite par le demandeur avec la matière échangée). Le flux d'énergie produite concerne les résidus de bois ou de matière organique acceptés par le demandeur et qui produit de l'énergie avec ce flux. L'approvisionnement énergétique de l'offreur n'est pas pris en compte pour ce calcul par précaution, c'est-à-dire pour éviter les doublons dans le calcul advenant le cas où l'offreur échange à plus d'un demandeur.

Selon les deux types d'échanges d'énergie, deux scénarios sont possibles.

Soit :

$$Q \text{ énergie échangée}_i = Q \text{ tot énergie entrante}_i - Q \text{ énergie importée}_i$$

Où :

$Q \text{ énergie importée}_i$ représente la quantité d'énergie importée dans le système de production du demandeur, exprimée selon l'unité de mesure propre à la source d'énergie.

$Q \text{ énergie échangée}_i$ représente la quantité d'énergie échangée par l'offreur et reprise par le demandeur, exprimée selon l'unité de mesure propre à la source d'énergie.

Il se peut que la quantité d'énergie échangée ne soit pas connue en valeur absolue et c'est pourquoi le calcul utilise les variables dont l'entreprise possède les données absolues. À noter qu'il peut être intéressant de ramener ces chiffres en pourcentage (%) des besoins de l'entreprise afin de voir la part qu'occupe l'énergie échangée au sein du mix énergétique du demandeur.

Le second scénario se rapporte ainsi au flux d'énergie produite par le demandeur à partir de l'échange de sous-produits.

Soit :

Q énergie produite_i

Où :

Q énergie produite_i représente la quantité d'énergie produite dans le système de production du demandeur par l'échange de sous-produits, exprimé selon l'unité de mesure propre à la source d'énergie.

Pour avoir une perspective plus globale des bénéfices de la SI, il est possible de faire l'addition des flux d'énergie échangée pour calculer l'ensemble des économies de ressources énergétiques au niveau de la SI. Il peut en devenir complexe au niveau de ramener les différentes sources sur la même unité de mesure.

Cet indicateur devrait intéresser les entreprises puisque l'énergie est un enjeu économique et environnemental, qui peut représenter des dépenses importantes pour ces dernières (Verville, 2013). Il s'agit d'un bon indicateur pour communiquer avec elles sur les bénéfices de la synergie industrielle

Tableau 5.10 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'énergie échangée par les entreprises d'une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Peut s'avérer plus difficile pour calculer l'énergie produite
Ressources humaines				Peut s'avérer plus difficile pour calculer l'énergie produite
Ressources financières				Peut s'avérer plus difficile pour calculer l'énergie produite

(Compilation de : Verville, 2013).

En général, cet indicateur demande des informations qui peuvent être accessibles sans trop d'investissements de temps et de RH par les entreprises comme il est précisé dans le tableau 5.9. En effet, les entreprises peuvent mesurer les métriques de consommation ou

de production à partir de données comptables, mais il peut arriver qu'elles aient besoin d'instruments pour mesurer l'énergie échangée ou produite. (Verville, 2013)

Intensité énergétique

L'intensité énergétique est le rapport de la performance environnementale sur la performance économique. Il permet de mesurer l'impact environnemental d'un produit, procédé ou service par unité de production (Sendra et autres, 2006). L'intensité énergétique est un calcul simple à réaliser, mais en raison du caractère sensible des informations requises, cela peut rendre difficile son mesurage. Pour remédier à cela, le développement d'un outil pour permettre aux entreprises de connaître cette information pour la gestion du système de production est très intéressant (Markewitz, 2013b).

En plus de la quantité d'énergie consommée, il est nécessaire de connaître la production annuelle, ce qui peut être difficile à obtenir pour l'animateur.

Soit :

$$\text{Intensité énergétique}_i = \frac{\text{Q tot énergie consommée}_i}{\text{Production annuelle}_i}$$

Où :

Production annuelle_i représente la quantité de biens ou services produits par une entreprise de la SI annuellement.

Q tot énergie consommée représente la quantité totale d'énergie consommée par une entreprise au cours de sa production, exprimée selon l'unité de mesure propre à la source d'énergie.

Intensité énergétique_i représente l'intensité énergétique d'une entreprise, c'est-à-dire le rapport de la consommation d'énergie sur sa production annuelle de biens ou services. L'intensité énergétique s'exprime en kW/h / unité de production.

Il s'agit d'un indicateur relatif qui peut être très intéressant pour la comparaison de la performance dans le temps, à condition qu'il soit mis en perspective sur la consommation totale annuelle (Geng et autres, 2012; Geng et autres, 2008).

Tableau 5.11 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'intensité énergétique d'une entreprise d'une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013).

La disponibilité des informations ne devrait pas porter atteinte au développement de cet indicateur, s'il est considéré que les entreprises utilisent ce calcul à l'interne, comme il est indiqué dans le tableau 5.11.

Les données qui ont trait à l'énergie sont connues par les entreprises étant donné que cela représente des coûts importants pour eux. La donnée de la production est également connue par l'entreprise puisqu'il s'agit d'un élément de la performance générale de l'entreprise. Ainsi, la collecte de ces informations ne devrait pas entraîner l'investissement de ressources supplémentaires pour les entreprises.

5.2.3 Indicateur des transports

Malgré le fait que la proximité géographique soit reconnue comme un facteur de succès des démarches de SI (Brulot, 2009; Decouzon et Maillefert, 2012), il peut arriver que des symbioses se réalisent en outrepassant les considérations géographiques de la distance. Agarwal et Strachan (2006), Laybourn et Morrissey (2009), Markewitz (2013a) ainsi que Brulot et autres (2012) rappellent que le transport des RI entraînent des préoccupations au niveau des coûts associés au transport, mais aussi pour les impacts environnementaux de l'utilisation de ressources non renouvelables et des émissions atmosphériques. Pour dresser un meilleur bilan des gains économiques et environnementaux de cette réduction de flux, il faut prendre en compte les déplacements générés par les échanges ainsi que la

distance des déplacements pour avoir des informations sur la quantité de carburant consommé.

Dans le cas présent, le système demeure plus facile à percevoir puisqu'il s'agit seulement de calculer les transports reliant les deux entreprises dans le but d'échanger les sous-produits attendus de la synergie. Les moyens de transport varient entre le bateau, le train et les véhicules routiers. En ce qui concerne les deux premières options, il est pris en considération que ce sont des moyens de transport qui rassemblent des cargaisons de plusieurs entreprises. Cela a pour effet de rendre plus difficile le calcul du transport par synergie. Pour cette raison, il ne sera considéré que les transports routiers dans le cadre de cet essai, mais l'utilisation d'une base de données telle qu'*Ecoinvent* permet de calculer les impacts pour les moyens de transport.

Carburant consommé

Le premier calcul consiste à multiplier la distance parcourue par la consommation au 100 km du véhicule de transport.

Soit :

$$Q_{\text{tot carburant consommé}_i} = D_{\text{annuelle parcourue}_i} * Q_{\text{carburant consommé} / 100 \text{ km}_i}$$

Où :

$Q_{\text{carburant consommé} / 100 \text{ km}_i}$ représente la quantité de carburant consommé par 100 km, pour le véhicule chargé du transport du sous-produit, pour une synergie, exprimée en L/100 km.

$D_{\text{annuelle parcourue}_i}$ représente la distance parcourue pour l'échange d'un sous-produit dans une synergie durant une période donnée, exprimée en Km.

$Q_{\text{tot carburant consommé annuellement}_i}$ représente la quantité totale de carburant consommé annuellement par les échanges de sous-produits d'une synergie, exprimée en litre (L).

Le second scénario s'applique lorsque distance annuelle parcourue n'est pas connue.

Soit :

$$D \text{ parcourue } / \text{échange}_i$$

$$\text{Nb échange} / \text{an}_i$$

$$D \text{ annuelle parcourue}_i = D \text{ parcourue } / \text{échange}_i * \text{Nb échange} / \text{an}_i$$

Où :

$D \text{ parcourue } / \text{échange}_i$ représente la distance parcourue au cours d'un échange de sous-produit dans une synergie, exprimée en km.

$\text{Nb échange} / \text{an}_i$ représente le nombre d'échanges effectués annuellement par les entreprises d'une synergie, exprimée en unité.

Cet indicateur est intéressant puisqu'il permet de mesurer les impacts économiques et environnementaux dû au transport des sous-produits.

Tableau 5.12 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur du carburant consommé lors du transport dans une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013).

La faisabilité de cet indicateur n'est pas un enjeu pour son développement, comme le démontre le tableau 5.12. La collecte d'information requiert un registre des transports qui peut être créé dans le cadre de la synergie. Cela peut être plus difficile à mettre en place pour les petites entreprises pour lesquels le personnel peut être surchargé. Néanmoins, les calculs demandés ne demandent pas de grands investissements en ressources, ce qui laisse croire que la mise en place de cet indicateur ne sera pas affectée.

5.2.4 Indicateurs de la maîtrise de l'eau

Ce groupe d'indicateur cherche mesurer les performances de la consommation d'eau pour les entreprises d'une synergie. À l'instar des autres groupes d'indicateurs sur la réduction des flux, ces indicateurs se mesurent à deux niveaux, c'est-à-dire la synergie et la SI.

Tout comme la consommation d'énergie, la consommation d'eau peut diminuer, mais cela peut s'expliquer par des flux de substitution dans les systèmes de production ou encore des améliorations au niveau d'équipement moins consommateur d'eau. Ainsi, l'analyse de la performance de la consommation d'eau peut être altérée par le fait que l'entreprise utilise des équipements plus efficaces, ce qui n'est pas en lien direct avec les activités de la synergie. C'est la raison pour laquelle, le système délimité ne prendra en considération que les échanges entre l'offreur et le demandeur.

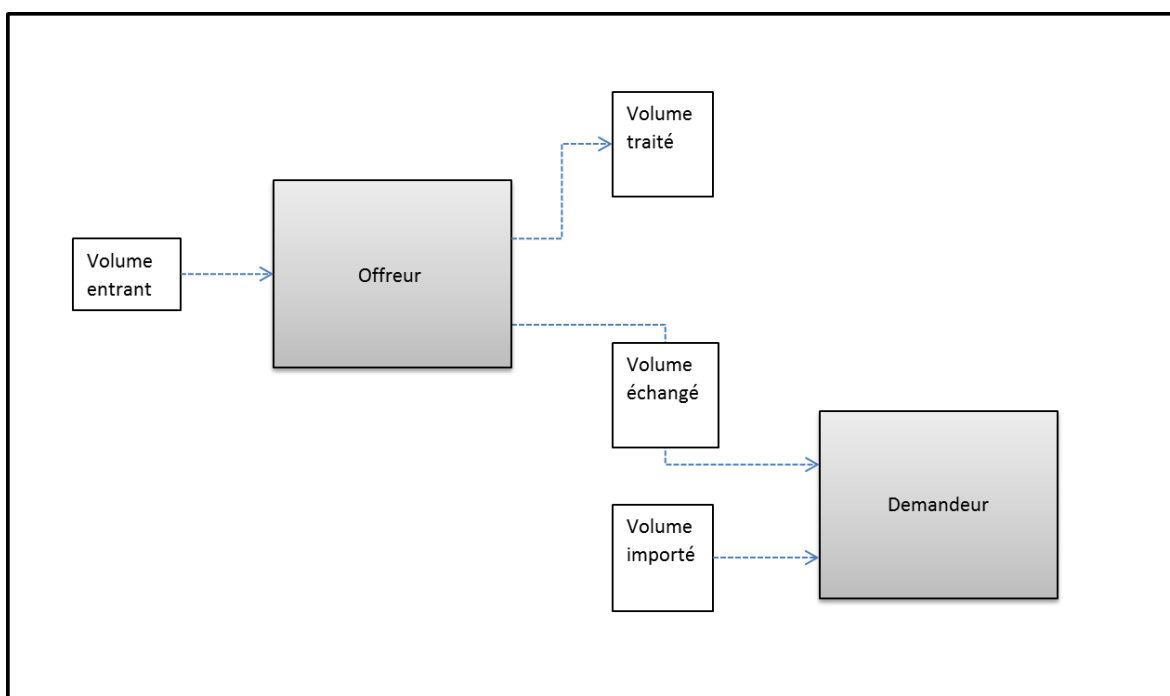


Figure 5.4 : Représentation des flux d'eaux industrielles à l'intérieur d'une synergie industrielle.

La figure 5.4 illustre les flux d'eaux industrielles à l'intérieur de la synergie. Tel que mentionné, le volume entrant dans le système de production de l'offreur ne sera pas pris en considération pour les raisons susmentionnées. Cependant, l'offreur propose des

volumes d'eau industrielle au demandeur qu'il accepte en partie ou en totalité. Ce qui est exclu du volume échangé, donc ce qui n'est pas repris par aucun autre demandeur, l'offreur envoie ces flux pour le traitement des eaux à l'usine destinée à cet effet. Du côté du demandeur, ce dernier accepte donc les flux proposés par l'offreur, mais il se peut que ce dernier complète les besoins de sa production avec des volumes importés, issus d'une source d'eau non industrielle (qui ne provient pas d'un offreur). Les entreprises peuvent être impliquées dans plusieurs synergies lorsque la situation s'y prête.

Eau entrante

L'eau entrante est la quantité d'eau qui entre dans le système de production du demandeur. Deux variables relatives au calcul des indicateurs sont nécessaires pour mesurer l'eau entrante, c'est-à-dire le volume importé et volume échangé

Soit :

$V_{\text{importé}}$

$V_{\text{échangé}}$

Où :

$V_{\text{importé}}$ représente le flux d'eau importé dans le système de production du demandeur pour compléter ses besoins en eau, exprimé m^3 .

$V_{\text{échangé}}$ représente le flux d'eau en provenance de l'offreur entrant dans le système de production du demandeur, exprimé m^3 .

Avec le total de ces deux variables, le demandeur est en mesure d'obtenir le volume total intégré à son système de production. Par ailleurs, pour revenir aux bénéfices de la SI, la somme des variables volume échangé correspond à l'eau qui n'a pas été prélevée des milieux naturels. Cela correspond également à la quantité d'eau qui n'a pas dû être traitée par le système de traitement des eaux industrielles.

Tableau 5.13 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'eau entrante dans le système de production du demandeur d'une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Plus de temps si le flux est moins régulier et important
Ressources humaines				Plus d'efforts de RH si le flux est moins régulier et important
Ressources financières				Selon l'achat de matériel pour le mesurage

(Compilation de : Verville, 2013)

Il n'est pas garanti que les entreprises aient facilement ces données du volume échangé. Selon les propos de Verville (2013), le demandeur peut avoir le volume (exact ou approximatif) du volume importé et total. Dans ce cas, il est possible de trouver les informations avec la différence entre les volumes importés et totaux, mesurables la plupart du temps par un compteur. Il est possible que des investissements soient nécessaires au demandeur pour l'achat d'un compteur pour effectuer les relevés.

Eau sortante

En ayant connaissance des volumes sortants de l'offreur, cela permet de mesurer sa performance environnementale autant sur les impacts évités, mais aussi sur le potentiel d'échange des eaux industrielles. En effet, en échangeant de l'eau industrielle au demandeur, l'offreur réduit le volume d'eau envoyé à l'usine de traitement des eaux et réduit les impacts du traitement sur l'environnement.

Soit :

$$V_{\text{eau traitée}_i}$$

Où :

$V_{\text{eau traitée}_i}$ représente le volume d'eau sortant du système de production destiné au traitement des eaux industrielles usées y compris les eaux potentiellement réutilisables, exprimé en m³.

Au même titre que pour le demandeur, il est pris pour acquis que le volume total d'eau rejetée est la donnée la plus vérifiable. Le volume d'eau traitée correspond à l'effet de la synergie sur le système de production.

Tableau 5.14 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'eau sortante de l'offreur dans une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Plus de temps si le flux est moins régulier et important
Ressources humaines				Plus d'efforts de RH si le flux est moins régulier et important
Ressources financières				Selon l'achat d'équipement pour le mesurage

(Compilation de : Verville, 2013).

Le tableau 5.14 démontre que la taille et la régularité du flux peut avoir une influence sur la faisabilité du développement de l'indicateur de la consommation de l'eau. Si le flux sortant d'une entreprise est régulier et constant, la mesure est plus facile et précise. Cette dernière se fait au moyen d'équipement en continu comme un compteur, sinon, par calcul d'estimation. Par contre, pour un flux irrégulier et peu constant, cela peut nécessiter des cueillettes de mesures spécifiques, demandant ainsi du temps et de la main-d'œuvre.

Intensité de la consommation d'eau

Les indicateurs précédents peuvent être jumelés avec des indicateurs économiques afin de renseigner sur la consommation d'eau d'une entreprise par rapport à son activité économique.

Si tel est le cas, l'animateur peut proposer aux entreprises un indicateur sur la consommation d'eau sur la production annuelle, disponible pour les entreprises si elles désirent gérer leur consommation d'eau.

Soit :

$$\text{Intensité de la consommation d'eau} = \frac{\text{V tot eau entrante}}{\text{Production annuelle}}$$

Où :

Production annuelle représente la quantité de biens ou services produits par une entreprise de la SI annuellement dont l'expression peut varier dépendamment du type de biens ou services produits.

V tot eau entrante représente le volume total d'eau entrante dans le système de production d'une entreprise (somme du volume importé et du volume échangé).

Intensité de la consommation d'eau représente l'intensité de la consommation d'eau d'une entreprise, c'est-à-dire le rapport de la consommation d'eau sur sa production annuelle de biens ou services. L'intensité de la consommation d'eau s'exprime en m^3 / unité de production.

Cet indicateur ne concerne que l'entreprise en raison du fait que ce ne sont pas toutes les entreprises qui désirent partager les informations économiques.

Tableau 5.15 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de l'intensité de la consommation d'eau dans une entreprise de la symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013)

La cueillette de ces informations n'est pas un obstacle au développement de cet indicateur dans une entreprise, comme l'indique le tableau 5.15. En prenant en considération que le volume total entrant est déjà calculé ou mesuré, ces données sont généralement déjà connues par les entreprises. Pour la production annuelle, il s'agit de données de la performance de l'entreprise accessibles par les données comptables.

5.3 Indicateurs du développement territorial

La collaboration des acteurs du territoire est un levier majeur pour la mise en œuvre d'une SI. La contribution des acteurs du territoire se mesure à des appuis principalement financiers et politiques (Brulot, 2009; Decouzon et Maillefert, 2012). Ces acteurs ont des attentes envers les projets de SI, que ce soit à l'échelle des entreprises ou du territoire. De manière générale, des retombées sont à prévoir si une démarche de SI réussit à s'implanter et à se pérenniser sur un territoire. D'une part, elle apporte de l'activité économique plus durable et d'autre part, elle contribue à l'amélioration de l'image d'un territoire pour les entreprises déjà implantées et extérieures (Decouzon et Maillefert, 2012). Ainsi, comme les retours d'expériences en témoignent, les SI peuvent constituer un projet fédérateur pour dynamiser un territoire et en améliorer le contexte socio-économique (Duret, 2007).

La démarche d'évaluation doit prendre en compte les intérêts des parties prenantes et des acteurs de la SI, surtout pour les résultats de nature économique. Ces résultats peuvent être communiqués aux institutions politiques, aux gestionnaires de programmes gouvernementaux et aux bailleurs de fonds (Brulot, 2009; Maltais-Guibault, 2011). Il est démontré que la communication aux parties prenantes témoigne d'un désir d'engagement et de collaboration avec celles-ci et entraînent la création de capital institutionnel qui influe sur positivement sur le développement du territoire (Boons et autres, 2011).

Avant tout, la notion de territoire représente la zone géographique où les acteurs qui le composent tirent leur identité (Brulot, 2009). L'utilisation du terme « territoire » fait référence aux paliers administratifs concernés par les activités d'une SI, sans égard aux différentes dénominations que peuvent prendre ces paliers dans divers pays. Ce terme fait référence à la zone géographique où la SI opère et exerce son influence. Enfin, le développement territorial est défini comme la capacité des acteurs locaux à maîtriser l'évolution de leur territoire par des normes économiques, environnementales et éthiques (Deffontaines et autres, 2001; Angeon et autres, 2006)

La SI peut être considérée comme un moyen de développement territorial. Cette contribution de la SI pour favoriser le développement, relève de plusieurs facteurs, mais deux facteurs sont particulièrement importants. D'une part, la participation d'une entreprise

à un réseau comme une SI permet à une entreprise de demeurer compétitive par les gains économiques et peut aller jusqu'à favoriser le maintien ou la création d'emploi (Laybourn and Morrissey, 2009). D'autre part, la SI peut représenter un facteur d'attractivité pour des entreprises à la recherche d'un territoire pour s'implanter. Par exemple, si elles correspondent aux valeurs de l'esprit d'innovation insufflé par la SI ou encore par les services rendus aux organisations par la mutualisation (Lussier, 2006; Musson, 2010, Callois, 2004). Ainsi, la SI peut rendre un territoire plus attrayant, car elle peut répondre à plusieurs critères de localisation des entreprises (Brullot, 2009)

5.3.1 Indicateurs des gains économiques

Les échanges de flux dans les synergies apportent aux entreprises, l'opportunité de réaliser des gains économiques variables en importance (Kurup and autres, 2005; Agarwal and Strachan, 2006, Laybourn and Morrissey, 2009). Les économies mènent à de meilleures performances économiques dans ces entreprises et peuvent même améliorer la compétitivité de celles-ci (Lussier, 2006). Cela constitue également des retombées significatives sur le territoire, car en ayant de meilleures performances économiques, les entreprises peuvent être moins tentées d'amenuiser les conditions salariales des employés ou se délocaliser sur un autre territoire pour réduire les coûts de production (Musson, 2010; Lussier, 2006; Brullot, 2009). Cela peut donc favoriser l'ancrage territorial des entreprises.

Les indicateurs qui suivent sont spécifiques à ce rôle, mais il est possible qu'une entreprise puisse occuper les rôles d'offreur et de demandeur dans deux synergies différentes ou plus.

Économies liées à l'approvisionnement par flux échangé

Lorsque le demandeur accepte la matière offerte par l'offreur, ce dernier économise, car il diminue la quantité de matière vierge achetée à prix plus élevé. Cet indicateur vise donc à mesurer les économies liées venant de l'intégration de flux échangés comme source d'approvisionnement chez le demandeur.

Les économies liées à l'échange d'un flux peuvent se calculer par la différence des prix unitaires des sources d'approvisionnement conventionnelles et synergiques à laquelle est

multiplié par la quantité du flux échangé. Il faut alors connaître préalablement l'indicateur du flux échangé indiqué à la section 5.2.

Soit :

$$\begin{aligned} \text{Économies échange flux} \\ &= (\text{Coût unitaire flux importé} - \text{Coût unitaire flux échangé}) \\ &\quad * Q \text{ flux échangée} \end{aligned}$$

Où :

Coût unitaire flux importé représente le coût unitaire du flux importé venant d'une source d'approvisionnement conventionnelle.

Coût unitaire flux échangé représente le coût unitaire du flux échangé venant d'une synergie.

Économies échange flux représente les économies liées à l'échange de flux par une source d'approvisionnement synergique.

Outre les données retrouvables dans la section 5.2, il est possible d'obtenir les données à partir des données comptables de l'entreprise. Le prix unitaire du flux importé est disponible dans les contrats d'approvisionnement avec les fournisseurs, alors que le prix unitaire du flux échangé peut être trouvable dans le contrat fait entre l'offreur et le demandeur. Dans le cas où le prix unitaire du flux vierge n'est pas disponible, il est possible de vérifier les prix sur le marché au moyen d'une recherche internet ou à partir d'entrevues avec les fournisseurs.

Revenus liés à la vente de sous-produits

En échangeant de la matière au demandeur, l'offreur peut exiger un coût unitaire au demandeur pour que celui-ci en fasse l'acquisition. Dans ce cas, l'offreur peut réaliser des revenus qui découlent de cette transaction.

Pour réaliser ce calcul, il faut se rapporter à la section 5.2 (Indicateur de la réduction des flux) et utiliser les métriques désignant les flux de matière, d'énergie et d'eau échangés. Pour chaque flux échangé, une valeur unitaire doit être associée afin de connaître les revenus issus de la transaction. La somme de ces revenus doit être compilée pour déterminer le revenu total dont l'offreur peut bénéficier de l'échange.

Soit :

$$\text{Revenus flux échangé} = \text{Quantité flux échangé} * \frac{\text{Coût flux échangé}}{\text{unité}}$$

$$\text{Revenu tot échange Ent} = \sum_{i=1}^n \text{Revenus flux échangé}$$

Où :

$\frac{\text{Coût flux échangé}}{\text{unité}}$ représente le coût unitaire du flux échangé négocié entre l'offreur et le demandeur, exprimés en \$ / unité.

Quantité flux échangé représente la quantité de flux échangé entre l'offreur et le demandeur, pouvant être de la matière, de l'énergie et de l'eau.

Revenus flux échangé représente les revenus engrangés par l'offreur suite à l'échange d'un flux, exprimés en \$ CAN.

Revenu tot échange Ent représente les revenus totaux engrangés par l'offreur suite aux échanges de flux, exprimés en \$ CAN.

Pour calculer cet indicateur, il y a deux types d'informations à collecter. D'une part, il est possible d'utiliser les données fournies par les indicateurs de la section Indicateurs de réduction des flux. Lorsque celles-ci sont mesurées, il est nécessaire d'obtenir le coût unitaire des flux échangés négociés entre l'offreur et le demandeur. Ce genre d'information est disponible dans les données comptables via le département comptabilité ou encore via la personne-ressource attitrée aux échanges des flux.

Économies liées à la réduction de l'élimination

Les flux échangés par l'offreur représentent la plupart du temps des économies liées à la réduction de RI envoyée à l'élimination. Ces économies varient selon la région des activités de la SI en raison des variations pour les redevances à l'élimination (Chertow, 2000).

Pour calculer les économies faites en détournant de la matière de l'enfouissement, il convient de se référer à la quantité de matière détournée de l'élimination d'une entreprise (section 5.2). Puis, cette variable doit être multipliée par le coût à la tonne de la redevance à l'élimination. Le calcul de cet indicateur ne requiert pas de calculer les flux de façon séparée puisque la redevance à l'élimination ne tient compte que du total de matière envoyée à l'élimination et que le tonnage sera généralement le facteur influençant le coût.

Soit :

$$\text{Économies coût élimination Ent} = Q \text{ mat détournée élimination}_i * \frac{\text{Coût d'élimination}}{\text{tonne}}$$

Où :

$\frac{\text{Coût d'élimination}}{\text{tonne}}$ représente le coût d'élimination payé par l'offreur pour chaque tonne de déchets envoyée à l'élimination, exprimé en \$ CAN / tonne.

Économies coût élimination Ent représente les économies réalisées sur les coûts d'élimination par l'offreur en échangeant des flux de matière à l'offreur, exprimée en \$ CAN.

La section 5.2 explique de quelle façon il est possible d'obtenir la quantité de matière détournée de l'élimination par une synergie. À ce moment, il sera donc considéré que l'animateur possède déjà cette donnée en mesurant les indicateurs de la réduction des flux. Pour la redevance à l'élimination, l'animateur d'une SI peut obtenir cette information à partir de la réglementation en vigueur qui fixent le coût d'élimination d'une tonne de déchet (RREEMR, Q2-R43; MDDEP, 2011).

Tableau 5.16 : Matrice de la faisabilité du développement des indicateurs des gains économiques liés à la participation à une synergie industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Moyen — Élevé si des recherches doivent être réalisées pour trouver les données.
Ressources humaines				Moyen — Élevé si des recherches doivent être réalisées pour trouver les données.
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

À présent, il convient d'analyser la faisabilité de développement de ces trois indicateurs dans le contexte des entreprises de la SI. Ajoutons que l'évaluation de la faisabilité présentée dans le tableau 5.16 exclut les données dont la faisabilité fait l'objet d'une étude dans une section antérieure. La précision de la recherche d'information dépend des entreprises qui possèdent l'information et qu'elles peuvent la partager. Si ce n'est pas le cas, l'animateur ou l'organisme de gestion de la SI doivent faire des recherches pour trouver les prix unitaires des matières concernées et cela peut élever les besoins en ressource. Sinon, il ne semble pas y avoir d'investissements de matériel et d'équipement prévus pour ce type de mesure.

5.3.2 Indicateurs du niveau d'emploi

Le degré de compétitivité d'une entreprise peut avoir des effets au niveau de l'employabilité des entreprises (Lussier, 2006; MESS, 2013). L'exemple du NISP démontre que la réussite d'une démarche de SI peut non-seulement aider une entreprise à sauvegarder des emplois, mais dans certains cas, peut en favoriser la création (Laybourn and Morrissey, 2009). La création d'emploi due à la participation d'une entreprise à un SI, s'inscrit dans une démarche d'ancrage territorial, ce qui représente un moyen de développement du territoire (FACE, 2010).

Nombre d'emplois créés

Le nombre d'emplois créés est l'un des indicateurs sociaux de l'EI le plus souvent cités dans la littérature et les retours d'expériences de SI (Merly, 2008; Chertow, 2007; Laybourn and Morrissey, 2009, Duret, 2007). Pour cause, les premiers cas recensés de SI

étaient des territoires en perte de vitesse sur le plan économique et la situation de l'emploi était précaire. Il devient alors intéressant de suivre l'évolution des emplois créés dans les entreprises de la SI, des phases de mise en œuvre jusqu'à sa pérennisation. L'obtention d'information qui découle de ces indicateurs permet à l'animateur de communiquer aux parties prenantes intéressées, l'apport de la SI sur la situation de l'emploi sur le territoire donné.

L'indicateur de l'emploi cherche à mesurer le nombre d'emplois créés par les activités en lien avec la SI. En fait, l'implication dans une synergie crée des procédés et des activités supplémentaires au sein des entreprises active dans les échanges (Duret, 2007; Brulot, 2009). Ces activités nécessitent parfois l'embauche de nouveaux employés dans des entreprises. Les emplois créés sont comptabilisés pour assurer la coordination et la gestion de la SI, par exemple, l'animateur, les chercheurs, etc. Pour calculer cet indicateur, tous ces emplois doivent être comptabilisés à l'ensemble des entreprises et de tous les acteurs de la démarche afin de pouvoir communiquer cette information aux parties prenantes intéressées.

La recherche d'informations requiert que l'animateur consulte les responsables des RH des entreprises (ou le responsable en mesure de renseigner sur l'emploi dans l'entreprise). Une enquête doit également être menée auprès des organisations impliquées dans la symbiose, autres que les entreprises.

Une hausse des emplois créés démontre que les entreprises améliorent leur compétitivité au point où elles peuvent combler les besoins de main-d'œuvre occasionnés par les activités de la SI. L'évaluation de la faisabilité de cet indicateur est présentée dans la sous-section de l'indicateur du nombre d'emplois sauvegardés.

Nombre d'emplois sauvegardés

À l'instar des emplois créés, la sauvegarde des emplois est une retombée d'une participation à une démarche de SI (Merly, 2008; Laybourn and Morrissey, 2009). Cela vient du fait que la réduction des coûts induite par les échanges de flux améliore la compétitivité des entreprises. Celles-ci peuvent mieux réagir face à la concurrence et ne sont pas forcément contraintes au licenciement d'employés ou à la délocalisation pour

demeurer compétitives. C'est le cas pour des entreprises du projet NISP ou du Club d'écologie industrielle de l'Aube qui ont pu garder tous leurs employés et poursuivre leurs activités (Laybourn and Morrissey, 2009; Brulot, 2009). Cela contribue ainsi à stabiliser le niveau de l'emploi et permet aux entreprises d'engendrer des bénéfices sur le territoire.

Cet indicateur cherche à mesurer les emplois ayant été sauvegardés dans les entreprises, suite à leur adhésion à la SI. Il convient de faire la somme de toutes les données pour connaître le nombre d'emplois sauvés par les entreprises suite à leur implication dans la SI.

La récolte de données n'est pas complexe en soi, car il s'agit de faire des enquêtes auprès des organisations et des entreprises concernées. Cependant, selon la taille de la SI, l'enquête peut représenter un investissement de temps plus ou moins considérable.

Tableau 5.17 : Matrice de la faisabilité du développement des indicateurs du niveau d'emploi par une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				L'animateur de la SI doit faire une enquête auprès des entreprises. Pour le nombre d'emplois créés, l'animateur doit prendre en compte les organisations directement impliquées dans la SI.
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

5.3.3 Indicateur de l'innovation

Les entreprises doivent parfois apporter des modifications aux sous-produits pour les rendre utilisables ou encore adapter les infrastructures pour en permettre l'échange. Il s'agit d'un facteur qui stimule l'innovation à l'intérieur des entreprises de la SI, mais qui peut également avoir des bénéfices sur le territoire. Pour les entreprises, la démarche d'EI peut dans bien des cas, favoriser la création d'emploi alors que pour le territoire, il peut se créer des nouvelles opportunités d'affaires avec des partenaires extérieurs (Decouzon et Maillefert, 2012; COMETHE, 2008; Laybourn and Morrissey, 2009; Brulot, 2009, Merly, 2008, Agarwal and Strachan, 2006). En finalité, cela contribue à améliorer la compétitivité

des entreprises du territoire tout en ayant un effet positif sur l'attractivité de ce dernier (Musson, 2010; Lussier, 2006).

Création d'activités innovantes

Le développement d'un indicateur consacré aux nouvelles activités innovantes permet de connaître la part de l'innovation dans les travaux de la SI et certains de ces effets. Il peut même contribuer à mesurer la valeur du capital humain d'une SI (Kurup, 2008).

Pour le calcul de cet indicateur, il faut se référer aux nouvelles activités considérées comme innovantes au sein des entreprises de la SI. Chaque symbiose peut déterminer ce que représente pour elle une activité innovante, mais il est possible de se baser sur les écrits de Brulot (2009) pour définir le terme « activité innovante ». Selon ses propos, une activité innovante pourrait être une activité qui permet l'amélioration de techniques ou de procédés, l'adaptation des procédés ou qui permet l'intégration d'un sous-produit dans un système de production (Brulot, 2009). Cet indicateur se mesure par les investissements faits pour réaliser ces activités innovantes, par les synergies et à l'ensemble de la SI (Callois, 2004).

Soit :

Investissements innov syn_i

Où :

Investissements innov syn_i représente les investissements réalisés dans les activités innovantes d'une synergie de la SI, exprimés en \$ CAN.

La collecte de données pour cet indicateur s'effectue au moyen d'une enquête que l'animateur réalise auprès des entreprises. Les responsables de la comptabilité des entreprises peuvent fournir le montant des investissements consacrés à l'innovation dans les registres de la comptabilité.

Tableau 5.18 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la création d'emploi par une symbiose industrielle

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				L'animateur de la SI doit faire une enquête auprès des entreprises.
Ressources humaines				
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013; Marketwitz, 2013a).

Le tableau 5.18 permet de voir que financièrement parlant, la collecte d'information sera peu coûteuse, car elle ne nécessite pas réellement d'investissement matériel. La collecte s'avère est plus exigeante en temps et en RH, lorsque le responsable de la SI dans l'entreprise n'a pas accès facilement à ces données. Autrement dit, il peut être confronté à un clivage hiérarchique ou départemental qui contraint son accès à l'information désirée pour le calcul de l'indicateur. La nature des données peut représenter un frein à la divulgation des informations.

5.4 Indicateurs de l'intégration environnementale

L'intégration d'une SI à un territoire peut avoir des conséquences – positives ou négatives — sur les écosystèmes, entraînant des impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques (Decouzon et Maillefert, 2012). Également, l'intégration environnementale affecte l'aspect social, en ce sens où les citoyens et les riverains peuvent être concernés par le projet d'une SI, que ce soit pour des soucis de perturbation du milieu de vie ou des considérations pour la santé humaine (Brullot, 2009; Schalchli, 2008). Ces propos justifient le développement d'indicateurs pour mesurer les retombées de la SI sur différentes composantes de l'environnement.

D'un point de vue communicationnel, les indicateurs peuvent apporter des éléments d'informations à l'animateur afin que ce dernier puisse entreprendre la communication avec certains types de parties prenantes. D'abord, les citoyens ou les riverains peuvent percevoir les activités industrielles comme un élément négatif, c'est-à-dire une contrainte pour leur qualité de vie. Le risque d'une contestation peut être un frein pour la démarche de SI (Schalchli, 2008). C'est pourquoi l'implication de cette partie prenante est

recommandée pour la mise en œuvre des projets (Brullot, 2009). En intégrant les préoccupations citoyennes à la démarche d'évaluation, il est ainsi possible de miser sur des indicateurs dont le besoin est concret en plus de connaître les informations pertinentes à extraire et à communiquer. Les associations environnementales peuvent s'intégrer à la démarche, car ils peuvent transmettre leurs connaissances approfondies sur certains enjeux de l'environnement local (Schalchli, 2008). Leur soutien peut aider à répondre aux enjeux du territoire et s'avérer un soutien politique plus important auprès des instances politiques.

Pour consolider un soutien avec les acteurs politiques, les indicateurs sélectionnés peuvent répondre à des besoins d'information pour mesurer l'impact de politique sur le territoire. En fait, les bénéfices et les retombées des activités de la SI peuvent contribuer à l'atteinte d'objectif de stratégie de DD des territoires, comme les agendas 21 locaux (Gagnon, 2013). Si l'animateur transmet des informations pertinentes aux autorités territoriales, celles-ci peuvent enrichir leur processus d'évaluation (Gagnon, 2013; MEDDE, 2014).

Néanmoins, l'origine de ce terme semble venir des travaux du projet COMETHE et repris par Decouzon et Maillefert (2012). Ces auteurs perçoivent le thème de l'intégration environnementale comme l'influence de l'activité symbiotique des industries sur le milieu, la biodiversité et les services écosystémiques. Dans le contexte de cet essai, les impacts évités par la SI fondent l'approche préconisée pour mesurer l'intégration environnementale. Autrement dit, les bénéfices et les retombées que la SI apporte au territoire et à ses composantes.

5.4.1 Indicateurs de la biodiversité et des services écosystémiques

L'intégration d'une SI à un territoire peut avoir des conséquences – positive ou négative — sur les écosystèmes, entraînant des impacts sur la biodiversité et les services écosystémiques rendus par ces derniers. Il est donc approprié d'inclure dans la démarche, des indicateurs prenant en considération ces gains environnementaux.

Decouzon et Maillefert (2012) affirment que malgré la difficulté à trouver des éléments évaluable, l'évaluation de projet d'EI appliqué aux parcs d'activité devrait comporter des

volets avec la biodiversité et les services écosystémiques. Dans ce contexte, il conviendrait d'utiliser des indicateurs pour évaluer les aspects tangibles de la biodiversité sous les angles monétaires et non monétaires (Decouzon et Maillefert, 2012). Il est important de rappeler qu'à la différence des parcs ou zones d'activités, les SI impactent les écosystèmes et services écosystémiques selon l'étendue du territoire couvert. Dans ce cas, la mesure des retombées sur ces composantes peut être laborieuse et complexe. Si toutefois, l'élaboration de tels indicateurs est justifiable, le choix de ces derniers doit être décidé selon les spécificités du territoire et des écosystèmes (Ness et autres, 2007). Notons que l'ensemble du processus de ce type d'évaluation devrait être évalué par une expertise externe, compétente à ce genre d'évaluation (COMETHE, 2008).

5.4.2 Indicateurs des gains environnementaux

À ce stade du travail, l'importance de la réduction des impacts environnementaux n'est plus à démontrer pour justifier la mise en œuvre des démarches d'EI. Il apparaît donc nécessaire de développer des indicateurs permettant de mesurer les bénéfices directs des activités industrielles sur le plan environnemental, et ce, sur les trois niveaux d'évaluation (micro, méso et macro). Les indicateurs contenus dans cette section cherchent à faire le lien entre les informations provenant des indicateurs de la section 5.2 (Indicateurs de la réduction des flux) et leurs impacts sur l'environnement (Laybourn and Morrissey, 2009; Merly, 2009; Dong et autres, 2013).

Matière détournée de l'élimination

La quantité de matière échangée représente la quantité de matière ayant été détournée de l'élimination, représentée par la variable quantité de matière détournée de l'élimination (Laybourn and Morrissey, 2009; Merly 2008; Dong et autres, 2013). Si plusieurs matières sont ainsi échangées dans le cadre d'une synergie, la somme de ces échanges doit être faite pour connaître la quantité totale matière détournée de l'élimination par synergie. À l'inverse, la quantité de matière éliminée représente le potentiel d'amélioration d'une entreprise pour la mise en valeur de ce type de matière.

Soit :

$$Q \text{ mat détournée élimination}_i = Q \text{ mat échangée}_i$$

$$Q \text{ tot mat détournée élimination syn}_i = \sum_{i=1}^n Q \text{ mat détournée élimination}_i$$

Où :

$Q \text{ mat détournée élimination syn}_i$ représente la quantité d'une matière détournée de l'élimination dans le cadre des activités de la synergie, exprimée en tonne (t).

$Q \text{ tot détournée élimination syn}_i$ représente la quantité totale de l'ensemble des matières détournées de l'élimination au niveau de la synergie, exprimée en tonne (t).

En additionnant toutes les variables au niveau de la synergie, cela indique la quantité de matière détournée de l'élimination pour la SI.

L'information obtenue par le calcul de l'indicateur renseigne sur la performance de la synergie par rapport à l'échange des matières contribuant à éviter que celles-ci ne soient éliminées. Plus les quantités mentionnées sont élevées, plus la performance est élevée. L'animateur de la SI peut transformer cet indicateur absolu en pourcentage en comparant ces résultats sur les quantités totales de matières éliminées par les entreprises de la SI.

Pour juger de la faisabilité de cet indicateur, il est nécessaire de se référer au tableau 5.8 (sous-section 5.2.1). La variable nécessaire pour cet indicateur est la même que pour les indicateurs de la matière entrante et de la matière sortante.

Matière envoyée à l'élimination

Pour l'amélioration de la performance environnementale, la génération de RI doit être prise en considération en raison des impacts liés à l'élimination que sont la contamination des cours d'eau et de l'air (Olivier, 2010). Cet aspect concerne l'une des finalités observées dans le domaine de l'EI et du bouclage des flux associé à la SI. Un indicateur peut être développé pour tenir un suivi dans le temps de la génération des RI par les

entreprises ainsi qu'au niveau de la SI. Pour l'entreprise, la connaissance de la génération des RI favorise une meilleure compréhension des enjeux liés à l'élimination des flux de matières, autant sur les plans économique (coûts de l'élimination), environnemental et social (liés aux externalités négatives) (ADEME, 2013a). Au niveau de la SI, ces enjeux portent la même attention, à la différence que la mesure d'un tel indicateur peut avoir une portée politique auprès des institutions publiques et des bailleurs de fonds soucieux de l'aspect environnemental de la performance environnementale, car la SI génère des bénéfices environnementaux et sociaux.

Cet indicateur concerne d'abord le niveau de l'entreprise. Il faut collecter les données permettant de calculer la quantité de matière éliminée dans l'entreprise.

Soit :

Q mat éliminée Ent

Où:

Q mat éliminée Ent représente la quantité de matière éliminée par l'entreprise de la SI, exprimée en tonne (t).

Pour connaître le résultat au niveau de la SI, il suffit de faire la somme de ces variables pour toutes les entreprises. Cela permet de connaître l'impact environnemental de la SI, mais aussi l'évolution de la génération de RI au sein des entreprises et de la SI.

Tableau 5.19 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de la matière envoyée à l'élimination par les entreprises d'une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Varie selon le système de collecte, la régularité de la production de RI, la masse volumique des résidus produits et la fréquence des collectes.
Ressources humaines				Varie selon le système de collecte, la régularité de la production de RI, la masse volumique des résidus produits et la fréquence des collectes.
Ressources financières				

(Compilation de : Verville, 2013)

Le tableau 5.19 indique que le niveau de difficulté de la collecte des données est fonction du territoire ou région où la SI est active et du poids peut être déterminé lors de la collecte (ADEME, 2013a; MDDEP, 2011). Surtout lorsque le flux de RI est régulier, constant et uniforme puisqu'il est possible d'extrapoler suite à une caractérisation. Sinon, il est possible de le faire avec les données comptables, l'entreprise peut au moyen compléter la collecte d'information avec une règle d'estimation du contenu, de la masse et du volume de chaque collecte, mais cela peut demander plus de temps et de RH. Par contre, lorsque le flux de RI est variable en production et en contenu, il peut être plus imprécis d'estimer. Cela peut demander plus d'efforts de caractérisation que dans l'autre cas. Au niveau de la SI, l'animateur doit collecter toutes les informations (Verville, 2013).

Matière vierge économisée

Le bouclage des flux a comme volonté de réduire l'utilisation de matière vierge entrant dans les systèmes de production (Brullot, 2009; Adoue, 2007). L'indicateur de la quantité de matière vierge économisée vise à mettre en évidence la performance de la SI sur ce principe du bouclage de flux (Laybourn and Morrissey, 2009; Merly, 2008; Finlayson, 2013).

La quantité de matière vierge économisée dépend de la quantité de matière échangée. En effet, comme il est illustré à la figure 5.2 (sous-section 5.2.1), cette variable permet de réduire l'importance du flux de matière importée par le demandeur. Étant donné que la

quantité de matière échangée est théoriquement mesurée, il n'y a qu'à l'utiliser pour déterminer la quantité de matière vierge économisée pour un seul type de flux. Il peut être intéressant de transférer ces variables absolues en relatives pour comparer les résultats et vérifier le ratio avec la quantité totale de matière entrante.

Si une entreprise procède à plusieurs échanges dans une synergie, le calcul de la métrique peut y aller comme suit.

Soit :

$$Q_{\text{mat échangée}_i} = Q_{\text{mat vierge économisée}_i}$$

Où :

$Q_{\text{mat vierge économisée}_i}$ représente la quantité de matière vierge économisée par les entreprises d'une synergie, exprimée en tonnes métriques (t).

Suite à ce calcul, la somme de toutes ces variables appliquées aux synergies permet de connaître la quantité totale de matière vierge économisée pour l'ensemble de la SI.

Pour connaître la faisabilité de cet indicateur, il faut se référer au tableau 5.7 dans la section 5.2.1. Lorsque les données de l'indicateur de la quantité de matière échangée sont connues, la conversion ne demande pas d'effort technique, de temps ou de RH supplémentaires, selon les critères amenés à l'annexe 3.

CO₂ évité

Avec l'émergence de la thématique des changements climatiques dans les plans d'action nationaux, régionaux ou territoriaux (MDDEP, 2012; ADEME, 2013b), la SI peut devenir un moyen pour favoriser l'atteinte des objectifs des pouvoirs publics. Cela peut permettre aux entreprises et à la SI de communiquer au territoire, leur contribution dans la stratégie de réduction des gaz à effet de serre (Laybourn and Morrissey, 2009; Merly 2008). Le secteur industriel est un important émetteur de CO₂ et de GES en raison de la consommation d'énergie issue des procédés de transformation et du transport des produits (Brullot, 2009; Duret, 2007).

L'objectif de l'indicateur de la quantité de CO₂ évitée est de renseigner sur la quantité absolue de GES émis par les entreprises, puis par la SI. Pour y parvenir, il importe de préciser que deux scénarios sur trois scénarios sont à détailler afin de comptabiliser la quantité d'émission évitée. Ceux-ci sont, la combustion d'un combustible fossile, l'utilisation de l'énergie pour produire de l'électricité ou du chauffage ou de l'élimination. Ainsi, il importe de connaître dans quel procédé l'énergie substituée a été intégrée.

Le premier scénario concerne une activité ou un service qui utilise un combustible fossile et dont le procédé se base sur la combustion de ce dernier. Par exemple, le transport d'une marchandise repose sur la combustion d'un carburant (essence, diesel, etc.) dans un moteur à explosion. Dans ce calcul, il faut tenir compte de la quantité de combustible utilisé et du type de combustible. En effet, les combustibles fossiles n'ont pas tout le même pouvoir calorifique ni la même teneur en carbone et le facteur d'émission (ou coefficient d'émission) ramène alors ces différences à une unité de comparaison homogène, soit la tCO₂ e. (OTEC, 2011). Une fois que les deux données sont connues, il suffit de les multiplier afin d'obtenir la quantité de CO₂ évitée par les activités de la SI (OTEC, 2011).

Soit :

$$Q \text{ CO}_2 \text{ évitée}_{ij} = Q \text{ énergie échangée}_{ij} * \text{facteur émission}_j$$

Où :

facteur émission_j représente le facteur d'émission pour un combustible fossile donné, exprimé en tCO₂ e/quantité.

Q CO₂ évitée représente la quantité de CO₂ évitée par les activités de la SI, exprimée en tCO₂ e.

Le second scénario concerne la production d'électricité ou de chauffage pour un bâtiment industriel. En exemple, une cimenterie pourrait alimenter en chaleur une industrie à proximité et cette dernière économiserait une quantité donnée de carburant. Donc, en trouvant la quantité d'énergie échangée entre les deux entreprises pour ce type d'utilisation, il est possible de calculer la quantité d'émission de tCO₂ e ayant été évitée

par la synergie. Cette dernière variable doit être multipliée par son facteur d'émission dans le but de trouver la quantité d'émission évitée. La même formule peut ainsi être réutilisée dans ce scénario.

Lorsque l'Outil territorial énergie et climat (OTEC) est utilisé, le combustible issu de la biomasse n'est pas compilé. En effet, en agissant comme puits de carbone, la biomasse ne fait que relâcher le carbone qu'elle avait séquestré et donc, il n'y a pas d'apport réel de carbone supplémentaire. C'est la raison pour laquelle la biomasse utilisée pour produire de l'énergie ou pour brûler comme combustible n'est pas comptabilisée dans les outils de bilan carbone de l'OTEC (OTEC, 2011).

Si plusieurs échanges d'énergie ont lieu dans une synergie, il est possible de cumuler ce gain à condition que les valeurs soient calculées et exprimées en tCO₂ e. Il faut ajouter que certains logiciels contiennent des méthodes d'évaluation d'impacts environnementaux de procédés. Ces logiciels ont l'avantage d'évaluer plusieurs catégories d'impacts environnementaux et peuvent s'avérer un outil centralisateur pour l'animateur (Finlayson, 2013; Thériault, 2011).

Enfin, le troisième scénario concerne l'élimination des déchets. Il est connu que cette activité de gestion de MR entraîne des impacts environnementaux pouvant être importants, dont la contamination de l'air ainsi que la diffusion de GES (Olivier, 2010). Cependant, il demeure plus difficile de cibler et de mesurer les phénomènes et les émissions de GES en provenance de l'activité de l'élimination (ADEME, 2013b). Devant la complexité du défi cette évaluation, ce scénario n'est pas pris en compte dans cet essai.

Tableau 5.20 : Matrice de la faisabilité du développement de l'indicateur de quantité de CO₂ évitée par les entreprises d'une symbiose industrielle.

Critères	Faible	Moyen	Élevé	Commentaires
Temps				Varie selon le nombre et la diversité d'entreprise.
Ressources humaines				Varie selon le nombre et la diversité d'entreprise.
Ressources financières				Varie selon l'obtention de base de données ou de logiciel, selon le nombre d'entreprises.

(Compilation de : Verville, 2013).

Pour trouver la faisabilité du développement de l'indicateur de l'énergie échangée, il faut se reporter au tableau 5.20. Quant au calcul des émissions évitées, il faut savoir que le calcul concerne l'animateur ou l'organisme de recherche et certains facteurs peuvent faire varier le degré de faisabilité du développement de cet indicateur, comme il est indiqué au tableau 5.20. D'abord, pour faire le calcul des facteurs d'émissions, l'animateur ou le centre de recherche associé doivent avoir possession d'une banque de données consacrées aux facteurs d'émissions. L'*Environmental Protection Agency* et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie mettent à disposition des outils d'évaluation, d'inventaire et analyse des activités industrielles et leurs facteurs d'émissions associées. Ces outils permettent d'avoir des précisions quant aux incertitudes associées aux calculs des émissions évitées et permettent également d'élargir le calcul des gains environnementaux à d'autres types de polluants atmosphériques suivant les besoins (EPA, 2009; ADEME, 2007). Enfin, le nombre et la diversité des synergies peuvent demander de plus grands efforts de temps à l'animateur, car il doit faire une analyse des activités industrielles de chaque synergie afin de trouver le facteur d'émission approprié (ADEME, 2007).

Eau potable économisée

L'échange des eaux industrielles permet au demandeur de ne pas utiliser l'eau potable des sources avoisinantes et à l'offreur de diminuer la quantité d'eau envoyée vers un traitement d'eau. D'un point de vue environnemental, la consommation excessive d'eau par les industries peut amener des conséquences sur la qualité des milieux. Sans oublier que d'un point de vue économique, le traitement des eaux représente généralement un coût pour l'entreprise. Devant ces considérations, il s'avère important de mesurer les gains associés à la réduction de la consommation d'eau.

Cet indicateur requiert la connaissance du volume d'eau échangé, élaborée à la sous-section 5.3.4. Ce qui est échangé de l'offreur vers le demandeur représente la quantité d'eau que le demandeur aurait utilisée s'il n'avait pas été impliqué dans cet échange synergique. La quantité obtenue est une valeur obtenue.

Soit :

$$V_{\text{eau échangée}_i} = V_{\text{eau économisée}_i}$$

Où :

$V_{\text{eau économisée}_i}$ représente le volume d'eau économisée à l'intérieur dans les échanges d'une synergie, exprimé en litre (L).

Lorsque les données sont connues pour toutes les synergies, la somme de ces données égale au volume d'eau économisée par la SI. Tout comme l'indicateur de la quantité de matière vierge économisée, il peut être intéressant de connaître le rapport du volume d'eau échangé sur le flux total d'eau utilisé afin de mettre en perspective l'impact de la synergie dans le système de production du demandeur.

En ce qui concerne l'évaluation de la faisabilité de cet indicateur, il est possible de se référer au tableau 5.13 qui aborde justement cet aspect de l'indicateur du volume d'eau échangé.

6 APPLICATION DE L'OUTIL D'ÉVALUATION AU CAS DE LA SIB

L'outil d'évaluation développé dans le chapitre précédent se veut un outil d'évaluation général pour les animateurs de SI. À présent, il convient d'appliquer cet outil d'évaluation développé dans le contexte de la SIB. Cet exercice permettra d'évaluer les types de performances de la SIB à partir des données provenant de rapports d'activités et d'étudier les moyens d'obtention des données dans leur contexte. L'exercice effectué dans ce chapitre permettra également de soulever des recommandations quant à la prise de données, la collecte de données ou encore l'amélioration des outils utilisables. Les indicateurs sont rassemblés dans l'outil d'évaluation se trouvant en annexe 4.

Ce présent chapitre tire la plupart de ses informations à partir des rapports d'activités de la SIB (Markewitz, 2009; 2013a) ainsi que des communications avec des employés du CTTEI travaillant en collaboration avec les entreprises de la symbiose (Markewitz, 2013a; Verville, 2013; Finlayson, 2013). Si les données attendues sont manquantes, des explications sont fournies pour guider dans un ordre chronologique, les actions à prendre pour les obtenir.

6.1 Indicateurs du fonctionnement de la synergie

La communication et le partage d'informations sont parmi les éléments qui améliorent le plus la qualité d'une relation entre les acteurs d'une RIO. Les indicateurs de la fréquence de la communication, de la satisfaction des entreprises et de la pérennité des synergies permettent de mesurer certains éléments qualitatifs de la qualité des RIO.

Rappelons que la phase 2, moment où les synergies identifiées lors de la phase 1 se concrétisent, débute en 2011 et que les premières synergies en vigueur remontent à deux ans auparavant. Par ailleurs, Markewitz (2013) rapporte qu'à ce moment, 109 synergies sont proposées (106 synergies de substitution et 3 synergies de mutualisation) durant la phase 1 du projet de SIB. De ce nombre, 49 synergies sont invalidées. À l'heure actuelle, la SIB dénombre 66 synergies de substitution concrétisée ou en cours de réalisation. En suivant la catégorisation du chapitre précédent par niveau d'avancement, 25 % (27/109) des synergies sont concrétisées (niveau 4), 5 % (5/109) sont en phase de projet pilote (niveau 3), 18 % (20/109) sont en phase d'étude de faisabilité (niveau 2) et 13 % sont

toujours au stade de l'échange d'information en vue d'études de faisabilité (Markewitz, 2013a).

Néanmoins, l'animateur doit se référer aux entreprises concernées par la synergie pour mesurer les autres indicateurs de cette sous-section. L'indicateur de la communication mesure la fréquence des interactions entre les entreprises d'une synergie. L'animateur doit alors obtenir ces informations à partir des personnes responsables des échanges de la synergie dans chaque entreprise. L'animateur doit suggérer à ces responsables de tenir un registre des communications afin que celles-ci soient archivées.

Pour la mesure de la satisfaction d'une entreprise, le caractère qualitatif de l'indicateur contraint l'animateur à procéder par enquête pour obtenir les renseignements désirés. Le responsable de la synergie dans l'entreprise devrait faire enquête dans son entreprise afin de recueillir les opinions des personnes directement concernées par l'échange de flux.

L'animateur de la SIB peut mesurer l'indicateur de la durée de la relation sans besoin de consulter les entreprises. Effectivement, seulement la date de concrétisation des synergies est requise pour mesurer la durée de la relation entre les partenaires.

Il est possible de remarquer que la nature des données demandées pour ces indicateurs ne semble pas compromettre la démarche de la collecte. En effet, il n'y a pas de procédé complexe à réaliser pour les obtenir et la sensibilité de l'information ne risque pas d'être une barrière à la collecte. Toutefois, certains indicateurs tels que le nombre de communications et le niveau de satisfaction peuvent présenter des barrières en raison de la collecte d'information nécessitant des efforts de suivi constants. C'est pourquoi l'usage d'un logiciel de gestion de données peut être utilisé dans le système afin de recueillir les informations voulues et ainsi calculer les indicateurs sur demande, comme c'est le cas pour le logiciel de *International SynergIES* qu'utilise le NISP (Laybourn, 2013; International synergies, 2014).

6.2 Indicateurs de la réduction des flux

La finalité de l'EI est de réduire les impacts environnementaux liés à la production du système industriel. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de mesurer la performance

environnementale de la SIB, mais pour se faire, les flux à la base des échanges synergiques doivent être quantifiés afin d'en calculer les gains et les impacts évités.

Dans les rapports du CTTEI (Markewitz 2009; 2013a), toutes les synergies de niveau 4 sont présentées séparément des synergies en cours de réalisation (niveau 1 à 3). L'un des objectifs de cette section est de rapporter la performance de la SIB. Seulement les synergies concrétisées dans les années d'opération de la symbiose, c'est-à-dire celles dont l'avancement est au niveau 4 sont prises en considération puisque ce sont les seules pour lesquelles des résultats sont disponibles.

6.2.1 Indicateurs de la maîtrise de la matière

Dans le cas de la SIB, 78 % (21/27) des synergies sont basées sur l'échange de matière entre les entreprises. De ce nombre, le CTTEI peut fournir des données quantifiées pour 15 synergies (Markewitz, 2013a).

Depuis la mise en œuvre du projet, les entreprises de la SIB ont détourné plus de 396 640 tonnes de l'élimination (annexe 2). Il est intéressant de souligner que trois synergies entre le « fabricant raffineur d'huile » et le « récupérateur d'aliment » (SS-011, SS-012, SS-015) font détourner de l'élimination près de 93 % de la quantité totale.

Il est possible de se référer à l'annexe 2 pour avoir de l'information concernant la quantité de matière sortante de l'offreur et la quantité de matière entrante du demandeur. Ces données concernent les flux quantifiés du diagnostic de la SI.

Bien entendu, les données des quantités de matière à échanger figurent pour la plupart des synergies, dans le rapport de Markewitz (2013a). Cependant, la variable quantité de matière importée du demandeur pour chaque synergie n'est pas recueillie par le CTTEI. Il faut ainsi enquêter auprès du responsable des achats et des approvisionnements de toutes les entreprises considérées comme « demandeur » pour obtenir cette information, selon les techniques décrites dans le précédent chapitre, au besoin. Du côté de l'offreur, l'animateur devrait demander à l'entreprise de noter à la fois le flux de matière échangée, mais aussi le flux de matière proposée, dans le but de mieux déceler le potentiel d'échange.

Enfin, pour l'indicateur de la matière envoyée à l'élimination, les entreprises n'ont pas fourni cette variable au CTTEI. En fait, l'animateur doit interroger le responsable environnement ou encore le responsable des achats ou des approvisionnements pour connaître la quantité de matière envoyée à l'enfouissement.

6.2.2 Indicateurs de la maîtrise de l'énergie

Sur le total des synergies concrétisées, trois synergies regroupant quatre entreprises sont basées sur l'échange de l'énergie.

Deux synergies sur trois sont basées sur l'échange de vapeur d'eau (SS-008 et SS-009) alors que l'autre est basée sur l'échange de chaleur résiduelle (SS-026). Pour cette dernière synergie, le CTTEI n'est pas en mesure de quantifier la valeur absolue de la quantité d'énergie échangée puisque dans le rapport, les données sont inscrites en pourcentage des besoins. L'expression de cette donnée est intéressante en ce sens où elle peut être facilement évaluée et qu'elle peut être communicative. Cependant, cette quantité exprimée en pourcentage des besoins ne peut être utilisée pour le calcul des indicateurs étant donnée l'absence de données absolues.

Pour obtenir les informations en lien avec une quantité d'énergie, l'animateur doit échanger avec les responsables de la synergie dans les entreprises et veiller à relever les informations qu'ils peuvent lui transmettre.

Cependant, pour l'indicateur de l'intensité énergétique, l'animateur doit avoir en main les données concernant la production des entreprises. En supposant que les entreprises divulguent cette information, les données sur la production totale peuvent être disponibles auprès des responsables de la production ou des ventes (le responsable ayant les connaissances financières de l'entreprise). Suite à une discussion avec Mme Markewitz (2013b), il a été suggéré que la sensibilité de ce type d'information peut nuire à la réalisation des calculs. Ainsi, il en ressort que cet indicateur peut être mesuré en tant que guide pour les entreprises, sans que les autres entreprises ou le CTTEI aient accès aux données nécessaires pour le calcul.

6.2.3 Indicateur des transports

Le CTTEI est en mesure de connaître la distance entre les entreprises d'une synergie. Dans Markewitz (2013a), il est mentionné que pour dix synergies sur 27, les entreprises sont situées à une distance de moins de 50 km. Il est également intéressant de constater que deux synergies (SS-014 et SS-017) sont établies sur de longues distances. De ces deux échanges, la première dont le demandeur est un intermédiaire renvoie les sous-produits de raffinage à Chicago (Illinois, ÉU). Dans la seconde synergie, le producteur de biodiésel est situé en Europe et les huiles dégommees sont envoyées par bateau. Ainsi, il est possible pour le CTTEI d'obtenir la distance entre les deux entreprises au moyen de carte routière (Transport Québec, 2014) ou d'un calculateur de distance sur le web (Google, 2014).

Malgré tout, cela ne renseigne pas précisément sur la distance annuelle que peut parcourir la matière échangée entre deux entreprises. Pour cela, le CTTEI doit avoir la connaissance du nombre d'échanges ayant lieu entre les organisations afin de pouvoir calculer la distance annuelle parcourue par les véhicules transportant la matière échangée. Pour cela, il convient de communiquer avec les responsables de la synergie dans les entreprises afin de voir connaître le nombre de voyages et la quantité transportée par échange.

6.2.4 Indicateurs de la maîtrise de l'eau

Dans la SIB, la synergie SS-001 est la seule substitution de flux d'eau entre entreprises. Cette synergie a lieu entre le fabricant de tiges et le producteur de déglacant et il s'agit précisément d'une saumure riche en sodium, calcium et chlorure. Le volume d'échange est de 4 000 L et il correspond donc au volume d'eau échangé par une synergie (Markewitz, 2013a). Malgré cela, il s'agit de la seule donnée disponible par rapport à l'eau dans les documents fournis par le CTTEI, comme il est également indiqué dans l'annexe 2.

Les autres variables, telles que le volume d'eau importée, volume total d'eau consommée, volume total d'eau rejetée et volume d'eau traitée, peuvent quantifier la consommation des entreprises, mais ne sont pas disponibles pour le CTTEI et l'animateur. Ces données

peuvent se trouver en communiquant avec les responsables de la synergie dans les entreprises ou encore avec le responsable de la production.

En ce qui concerne l'indicateur de l'intensité de la consommation d'eau, celui-ci requiert des informations d'une grande sensibilité, comme c'était le cas pour la mesure de l'intensité énergétique. Les informations peuvent être obtenues auprès des responsables de la production ou des ventes. La création d'un espace privé se justifie également pour cet indicateur.

6.3 Indicateurs du développement territorial

Que ce soit de manière spontanée ou non, les acteurs d'un territoire peuvent collaborer pour contrôler les moyens de développement. En participant à la SIB, les entreprises profitent des bénéfices de faire partie d'un réseau qui leur donne un peu plus de contrôle sur leur performance économique et cela entraîne des bénéfices sur le territoire de la MRC de Bécancour.

Comme il est mentionné dans la section 5.3 (Indicateurs du développement territorial), les indicateurs de ce thème évaluent la performance au niveau des entreprises de la SI afin de percevoir les bénéfices et leur contribution sur le territoire. Le CTTEI calcule actuellement les gains économiques des échanges synergiques.

Dans son bilan, Markewitz (2013a) fait état des limites rencontrées pour l'évaluation des gains économiques pertinents à mettre en lumière dans ce chapitre puisque cette situation peut être reproductible dans d'autres SI. Par exemple, les gains économiques affichés ne sont probablement pas à la hauteur de la réalité en raison que seulement 27,5 % des synergies communiquent leurs informations. Aussi, certains traitements ou transports ne sont tout simplement pas quantifiés, ce qui affecte également l'incertitude au niveau de la précision des données (Markewitz, 2013a).

6.3.1 Indicateurs des gains économiques

Dans son rapport, le CTTEI affiche six différents scénarios sur lesquels il se base pour évaluer les gains économiques. Il est tenu compte dans le rapport que le degré d'avancement des différentes synergies n'est pas le même et que cela influence les

variables en lien avec les gains économiques. De cette façon, le CTTEI est en mesure de connaître les gains économiques réalisés les plus conservateurs et (concernant seulement les synergies de niveau 4) et les gains économiques prévus les plus optimistes (incluant les synergies de niveau 1 à 4). Selon les informations du CTTEI, les entreprises de la SIB économisent le montant de 41 548 173 \$. Ce total est basé sur la somme des indicateurs des gains économiques dans la section Indicateur du développement territorial (section 5.2) dont les économies liées à l'échange des flux (40 643 315 \$), les revenus de la vente de sous-produits (148 658 \$) et les économies liées à la réduction de l'élimination (756 200 \$) (Markewitz, 2013a).

Dans le rapport de Markewitz (2013a), il ne figure pas tous les détails pour chaque synergie et il n'est pas indiqué la méthode utilisée pour mesurer la valeur des flux échangés. Quoi qu'il en soit, l'animateur désirant se lancer dans une démarche de calcul des gains économiques, doit avoir en premier lieu, les résultats de réduction des flux (Annexe 2). Il doit également définir le cadre sur lequel les calculs économiques sont basés. Autrement dit, il doit connaître les niveaux de synergie dont il va tenir compte dans ses calculs.

Pour les indicateurs des économies liées à l'échange des flux et des revenus de la vente de sous-produits, il faut se référer à la valeur marchande des flux pour trouver les économies ou les revenus possibles. Ainsi, deux situations peuvent se présenter à l'animateur. La première, les entreprises divulguent le prix convenu entre les deux entreprises à l'animateur, ce qui est une méthode plus précise. La seconde, les entreprises ne divulguent pas le prix convenu entre les deux entreprises à l'animateur. Dans ce cas, ce dernier doit effectuer une recherche dans des bases de données spécifiques au secteur concerné par le flux échangé (SNL Metals & Mining, 2014; Statistique Canada, 2014). Il serait pertinent d'apporter un exemple pour mieux illustrer les étapes à suivre pour mesurer les gains de l'économie et des revenus liés aux échanges de flux. Cependant, certaines difficultés sont rencontrées pour trouver des données valides et actuelles pour les coûts de matière sur des bases de données publiques (AQCIE, 2013).

Pour l'indicateur des économies liées à la réduction de l'élimination, l'animateur doit avoir en sa possession les données requises, disponibles en annexe 2. Il doit aussi connaître le

coût de collecte et de traitement des déchets que l'offreur paie pour l'élimination de ses RI. Si cela n'est pas possible, il peut être possible d'utiliser les coûts liés aux redevances à l'élimination du *Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles* (RREEMR, Q-2, R.43). Les redevances sont de 11,52 \$ et de 9,78 \$ pour chaque tonne métrique envoyée à l'élimination, ce qui fait un total de 21,30 \$. Cependant, il faut penser que cela exclut les coûts de traitement exigés par l'entreprise qui collecte les déchets, ce qui estime les économies liées à l'élimination à la baisse.

6.3.2 Indicateurs du niveau d'emploi

Il est inscrit dans le rapport du CTTEI, que les activités de la SIB ont permis de créer 15 emplois (Markewitz, 2013a). Par contre, il est indiqué dans le rapport que cette information est transmise de façon volontaire par les entreprises. Afin de pouvoir bien mesurer ces bénéfices sociaux, il est recommandé à l'animateur ou au CTTEI, de demander à toutes les entreprises si des emplois sont créés ou sauvegardés grâce aux activités de la SI.

Pour amasser cette information, l'animateur doit mener une enquête auprès des responsables des RH dans les entreprises.

6.3.3 Indicateur de la création d'activités innovantes

À l'heure actuelle, cet indicateur n'est pas mesuré par le CTTEI. À la lumière du rapport, il est possible de croire que la faisabilité financière fait partie du dialogue de l'animateur, car les termes « investissements » et « innovation » sont utilisés à quelques reprises pour commenter les synergies concrétisées, en cours ou invalidées (Markewitz, 2013a).

Pour récolter les données permettant de mesurer l'indicateur, l'animateur doit s'entretenir avec les responsables de la production ou de l'aspect des investissements dans les entreprises.

6.4 Indicateurs de l'intégration environnementale

Le rapport de la SIB fait état des gains environnementaux engendrés par cette dernière. La méthodologie utilisée par le CTTEI est différente de celle proposée dans le chapitre précédent. Tout d'abord, la base de données *Ecoinvent* et le logiciel *Simapro* avec la méthode *Impact 2002+* sont utilisés. L'évaluation des impacts environnementaux se fait

avec les deux types d'impacts retrouvés avec ce genre de logiciel. Les impacts *midpoints* évalués sont « Changements climatiques » et « Utilisation de ressources énergétiques ». Les impacts *endpoints* évalués sont « Dégradation de la santé humaine » et « Perte de qualité des écosystèmes ». (Markewitz, 2013a)

6.4.1 Indicateur de la biodiversité et des services écosystémiques

Le CTTEI a mesuré avec l'aide de la méthode *Impact 2002+*, les retombées de la SIB en termes de gains pour la biodiversité. Selon le même choix de scénario que dans la sous-section 5.4.1., la SIB a enregistré un gain de 296 459 847,7 $PDF \cdot m^2 \cdot yr$ et il s'agit en fait de la protection de cette surface de milieu qui supporte la capacité de support de la biodiversité sur une période d'une année (Markewitz, 2013a).

Pour mesurer les bénéfices sur la biodiversité et les services écosystémiques, le CTTEI possède déjà les outils pour procéder au calcul. Il ne reste alors qu'à déterminer les impacts les plus spécifiques au type de matière retrouvée dans les synergies. Suite à cette recherche, il ne resterait que la modélisation des résultats avec le logiciel *Simapro*.

6.4.2 Indicateurs des gains environnementaux

Les gains environnementaux évalués communs à cet essai et au CTTEI sont: « matière détournée de l'élimination », « matière envoyée à l'élimination », « CO₂ évité » et « eau potable économisée ». Les paramètres d'évaluation ne sont toutefois pas les mêmes que ceux élaborés dans la sous-section équivalente du chapitre précédent. Il est donc délicat d'interpréter les résultats sur des bases d'évaluation. Quoi qu'il en soit, les synergies ont permis d'éviter 1 412 787 tonnes de matières de l'enfouissement, 45 238,24 tonnes t CO₂e dans l'atmosphère en plus d'économiser plus de 1 350 240 L d'eau.

En ce qui concerne les indicateurs « matière détournée de l'élimination » et « matière envoyée à l'élimination », les informations sont déjà connues et il ne sera pas difficile d'obtenir ces résultats à condition qu'elles soient divulguées par les entreprises. En revanche, pour les indicateurs « CO₂ évité » et « eau potable économisée » des informations sur les équipements, la composition ou qualité et l'approvisionnement des flux peuvent être souhaitable. Ceci dans le but d'avoir la meilleure description des

procédés et des flux pour l'utilisation de la base de données. Ainsi, lors de la réalisation des synergies, ces détails peuvent être demandés aux entreprises et devraient être mis à jour lors des changements d'équipements.

7 DISCUSSION

Après avoir élaboré un outil d'évaluation pour les SI, un autre sous-objectif de ce travail était de tester les indicateurs avec les données venant des rapports d'activités de la SIB. L'application de l'outil d'évaluation permet de faire une analyse sur la cohérence de l'outil en lien avec la réalité du cas d'étude et de mesurer les performances. Pour y parvenir, il sera discuté d'abord du nombre optimal et du choix des indicateurs, à développer dans les entreprises de manière à mesurer la performance environnementale. Enfin, il sera également question de mettre en lumière quelques problèmes appréhendés liés au processus d'évaluation.

7.1 Nombre d'indicateurs

Le premier point de la discussion tente de savoir si le nombre d'indicateurs élaborés est adéquat pour la réalité de la SIB. La réponse à ce point sera abordée en prenant en compte deux angles importants. Celui de la faisabilité étudiée dans le chapitre 5 ainsi que celui de l'intérêt des entreprises envers les indicateurs choisis.

Le nombre d'employés dans une entreprise peut indiquer en partie si l'outil d'évaluation comporte un nombre adéquat d'indicateurs. Certains auteurs affirment que la réalité des PME et des petites et moyennes industries (PMI) peut être un frein à la mise en œuvre de synergies industrielles (Zaoual, 2011; Brulot, 2009). Zaoual (2011) affirme que les PME/PMI ont plus de difficultés à consacrer des RH et ressources financières aux besoins liés à la synergie, et ce, même si des bénéfices sont perceptibles. Ainsi, il est possible de croire que la réalité du manque de RH dans les entreprises peut être un enjeu déterminant pour savoir si le nombre d'indicateurs est adéquat pour évaluer justement la SIB.

De surcroît, si l'outil d'évaluation contient trop d'indicateurs, cela peut affecter la qualité des processus de collecte et de gestion de données qui pourrait éventuellement biaiser les résultats de la performance. Brulot (2009) ajoute que lorsque des employés sont désignés pour assurer les tâches en lien avec la synergie, ceux-ci peuvent être surchargés par les nouvelles tâches liées aux synergies ce qui peut affecter la qualité du travail. Lors d'une conversation avec M. Verville (2013), ce dernier confirme que ce propos est la réalité de la SIB où les PME/PMI représentent largement l'ensemble des entreprises actives.

Tableau 7.1 : Tableau des entreprises de la symbiose industrielle de Bécancour selon leur nombre d'employés.

Noms fictifs des entreprises de la SIB	Nombre d'employés
Producteur d'aluminium	985
Fabricant de tiges d'aluminium	68
Fabricant de produits chimiques	56
Fabricant de produits pétrochimiques	63
Fabricant de produits de chimiques	13
Fabricant de produits d'entretien ménager	185
Fabricant de produits de silice	360
Fabricant et raffineur d'huile	130
Producteur d'électricité et de vapeur	N/D

(Tiré de : Markewitz, 2013a).

Le tableau 7.1 permet de voir que moins de 78 % (7/9) des entreprises répondent à la définition d'une PME/PMI². Le producteur d'aluminium est la seule entreprise (11 %) qui dépasse ce critère et à la lumière des informations obtenues dans Markewitz (2013a), le nombre d'employés du producteur d'électricité et de vapeur n'est pas connu.

Par ailleurs, un autre point intéressant à prendre en considération lors du développement des indicateurs est l'intérêt des entreprises envers les indicateurs. L'animateur de la SIB, M. Verville avait rapporté que la plupart du temps, la coopération des entreprises était plus importante avec l'animateur lorsque l'information demandée avait un bon retour sur investissement — de temps et de ressources financières (Verville, 2013). Il affirme également que le niveau de maturité des synergies de la SIB n'est pas encore assez élevé pour demander des informations supplémentaires aux entreprises, toujours en raison du ratio coût-bénéfice de l'indicateur (Verville, 2013).

Selon les constats faits jusqu'à présent, il semble que les entreprises de la SIB ne sont pas prêtes à intégrer tous les indicateurs proposés (25) dans l'outil d'évaluation à ce

² Au Canada, le principal critère mis de l'avant par Industrie Canada pour désigner une PME/PMI est celui du nombre d'employés, soit 'un « établissement qui emploie en moyenne moins de 500 personnes pour une année donnée » (Industrie Canada, 2011).

stade-ci. Cela peut donc affecter la justesse de la description et de l'analyse de performance et de retombées souhaitée par l'outil d'évaluation.

En résumé, si le nombre d'indicateurs est trop élevé pour la capacité des entreprises à les intégrer, cela peut affecter la quantité et la qualité d'information mesurée pour évaluer correctement les performances de la SI. Cela réaffirme la nécessité de faire appel à un comité d'évaluation pour planifier une démarche d'évaluation à la hauteur des moyens des entreprises.

7.2 Indicateurs appropriés?

Il est important de rappeler que l'objectif principal était de construire un outil généraliste d'évaluation de la performance et des bénéfices d'une SI. Comme il a été spécifié, cette volonté d'être généraliste était de trouver les indicateurs les plus récurrents à l'évaluation d'une SI. Cela se fait toutefois au détriment de la spécificité d'une SI. C'est la raison pour laquelle il sera discuté des indicateurs superflus, pertinents ou manquants pour améliorer l'outil d'évaluation afin de l'adapter aux besoins d'évaluation de la SIB.

Suite à la discussion avec M. Verville (2013) concernant l'importance du critère d'analyse coût-bénéfice pour les entreprises, il est recommandé que certains indicateurs du fonctionnement de la synergie soient exclus de la démarche d'évaluation. Le développement de la plupart des indicateurs requiert une charge de temps et de RH et il est permis de croire que la nature intangible de ses bénéfices peut être un frein au développement de ces derniers. De plus, les synergies n'ont pas encore un stade de maturité assez élevé pour mettre en place ce type d'indicateur (Verville, 2013). Or, le CTTEI et l'animateur mesurent déjà le niveau de coopération des entreprises et la pérennité des synergies. Il semble que l'indicateur de la satisfaction des entreprises peut améliorer la compréhension des échanges puisqu'il mesure directement les besoins des entreprises.

Pour les indicateurs de la réduction des flux, ces derniers sont fondamentaux pour les indicateurs des autres thèmes d'évaluation. Ainsi, il est suggéré que l'animateur continue d'accorder de l'importance à l'obtention de ces données. L'indicateur du transport apparaît pertinent à intégrer pour l'évaluation de la SIB en raison du fait que près du deux tiers des

synergies sont à plus de 50 km l'une de l'autre et que les impacts et les coûts sont des préoccupations pour les entreprises (Brullot et autres, 2013).

Par ailleurs, en analysant le tableau des synergies de l'annexe 2, cela permet de remarquer la présence d'entreprises avec un potentiel de dangerosité (Fabricants de produits chimiques, pétrochimiques et d'entretien ménager). Dans l'une des synergies, les entreprises s'échangent des « résidus dangereux » (Markewitz, 2013a). Dans ce contexte, il apparaît pertinent de mettre au point un indicateur en lien avec les matières dangereuses.

Pour les indicateurs du développement territorial et de l'intégration environnementale, les indicateurs présents sont pour la plupart déjà calculés par le CTTEI et il convient ainsi de les laisser dans la grille. Exception faite, l'indicateur « matière envoyée à l'élimination » dont la pertinence a été démontrée certes, mais dont la collecte d'information ajoute un surplus de données à ramasser et gérer par les entreprises et l'animateur.

En bref, la démarche d'évaluation planifiée en collaboration avec le comité, s'ajustera en fonction des secteurs d'activités des entreprises de la SI ce qui peut influencer l'élaboration des thèmes d'évaluation.

7.3 Leçons à retenir

Cette section énonce les principales problématiques que l'animateur peut rencontrer durant la démarche d'évaluation et apporte des recommandations à partir de l'existant ou de la littérature.

Dans le chapitre 5, les évaluations de la faisabilité de développement des indicateurs étaient réalisées pour chaque indicateur de manière isolée. Cependant, les moyens financiers et humains et le temps se cumulent avec le nombre d'indicateurs ajoutés dans l'outil d'évaluation. Cela se traduit donc par des coûts que les entreprises doivent déboursier pour fournir les données pertinentes à l'évaluation. Or, il ne faut pas oublier que ces coûts engendrés par l'évaluation s'ajoutent aux coûts initiaux de mise en œuvre de la synergie, ce qui pourrait mettre nuire au développement de la démarche d'évaluation de performance. Nonobstant les conjonctures macro-économiques et politiques, il n'en demeure pas moins que l'obtention d'un financement public constitue un levier à la mise

en œuvre et au succès de l'évaluation de SI. D'ailleurs, le financement public que les entreprises du NISP reçoivent les aide à évaluer les retombées des synergies selon une grille d'indicateur définie (sous-section 2.2) (Maltais-Guilbault, 2011).

Pour tenter d'obtenir ce support financier, il est suggéré de faire valoir au Ministère des Finances et de l'Économie du Québec que les projets de SI engendrent des bénéfices qui s'alignent avec les objectifs de la *Politique industrielle québécoise 2013-2017* (MFEQ, 2013). En fait, l'objectif de la Politique est de favoriser la compétitivité des entreprises et surtout celles des PME. Un support financier aux entreprises pourrait permettre à ces dernières puis à la SI de mesurer leurs contributions (MFEQ, 2013).

Dans un autre ordre d'idée, pour construire une démarche d'évaluation adaptée aux spécificités de la SI, du territoire et des parties prenantes intéressées, il convient d'intégrer les acteurs représentant ces parties afin de connaître leurs préoccupations et leurs besoins en information. De cette façon, la méthodologie d'évaluation répondra aux besoins des acteurs selon leurs capacités à l'exécuter. De plus, il a été démontré par (Boons et autres, 2011) que la communication aux parties prenantes peut favoriser la construction d'une relation de confiance et des soutiens pour diverses demandes. Par conséquent, l'obtention d'un soutien par un acteur public peut accroître le sentiment de crédibilité des entreprises envers la démarche (Maltais-Guilbault, 2011).

La sensibilité ou la gestion de certaines informations sont parfois un frein pour que l'animateur accède à ces données. Encore une fois, l'exemple du NISP apporte deux enseignements très intéressants. D'une part, l'intégration d'une clause contractuelle visant l'échange d'information dans un cadre de confidentialité de l'entreprise vers l'animateur ou le centre de recherche pourrait faciliter cet échange comme c'est le cas pour le NISP. Pour le moment, l'échange d'information n'est pas obligatoire pour tous les renseignements demandés par le CTTEI.

D'autre part, d'autres types d'information sont difficiles à gérer ou transmettre pour les entreprises, soit parce qu'il y a beaucoup de données ou encore en raison de leur caractère sensible. Pour remédier à cette situation, le NISP utilise le logiciel *SynergIES* qui permet de compiler sur une longue période les informations en plus de déconcentrer l'information des mains d'un seul employé, ce qui peut être néfaste en cas de départ hâtif.

De plus, ce logiciel permet l'échange d'information factuelle et peut organiser les informations selon la structure désirée (Internation synergIES, 2014). Le CTTEI pourrait grandement tirer profit de l'utilisation d'un tel logiciel pour faciliter la démarche d'évaluation, car il pourrait moduler les fonctions dépendamment des besoins en information, gestion ou communication.

CONCLUSION

L'objectif de cet essai est de présenter un outil d'évaluation de la performance et des bénéfices d'une SI. Les objectifs secondaires visent d'abord à fournir un guide méthodologique adressé aux animateurs de SI désirant mettre en œuvre une démarche d'évaluation de SI. Puis, l'état de l'art sur l'évaluation des SI permet de faire la proposition d'une liste d'indicateur de performance et des bénéfices tout en jugeant de la pertinence et de la faisabilité de ces derniers. Enfin, le cas d'étude a permis de juger si l'outil d'évaluation développé préalablement était adéquat pour la réalité de la SIB, ce qui a permis de dégager des pistes d'amélioration pour mettre au point l'outil d'évaluation, mais aussi la démarche d'évaluation dans son ensemble.

Dans un premier temps, un guide méthodologique est conçu pour les animateurs de SI désirant mettre au point une démarche d'évaluation. Cette section apporte plusieurs enseignements intéressants. Tout d'abord, il est fortement conseillé de former un comité d'évaluation qui intègre quelques entreprises de la SI ainsi que des acteurs gravitant autour de la SI. Ce comité sera en mesure de dresser une liste d'indicateurs selon leurs intérêts et à la hauteur de leurs capacités, ce qui augmente les chances de succès de la durabilité de la démarche. Par la suite, les fondements théoriques de l'évaluation en lien avec les notions d'indicateurs et de performance sont énumérés. Il est aussi question de présenter brièvement une typologie des indicateurs suivie d'une revue des qualités d'un bon indicateur et de définir les différents aspects de la performance. Enfin, les différentes étapes de la démarche d'évaluation sont énoncées afin de suggérer les étapes à suivre pour réaliser cette démarche d'évaluation.

Dans un second temps, un outil d'évaluation de SI est proposé suite à la réalisation d'un état de l'art sur des consortiums de l'EI (COMETHE et ARPÈGE) et de grands projets d'évaluation (NISP et projet national d'économie circulaire de Chine). L'étude de ces cas a permis de dégager une structure d'évaluation qui permet la transversalité des indicateurs tels que suggérés par COMETHE et l'article de Decouzon et Maillefert (2012), plutôt que d'opter pour la structure classique ordonnée selon les trois sphères du DD. De ce choix méthodologique, il découle quatre thèmes d'évaluation. Premièrement, le fonctionnement de la synergie regroupe les indicateurs en lien avec les RIO. Ils cherchent à évaluer les mécanismes de gouvernance affectant la performance organisationnelle de la synergie qui

par le fait même, peuvent avoir des implications sur les autres types de performances. Deuxièmement, le thème de la réduction des flux est l'essence de l'évaluation d'une SI. Les indicateurs développés pour ce thème sont orientés vers la maîtrise des intrants (matière, énergie et eau) et un indicateur sur la consommation d'énergie en lien avec les transports a été ajouté. Troisièmement, à travers le thème du développement territorial, des indicateurs sont développés pour mesurer les bénéfices et les retombées territoriales de la SI. Les indicateurs de ce thème concernent donc la contribution de la SI à répondre aux enjeux sociaux et économiques qui concernent une entreprise ou un territoire. Quatrièmement, le thème de l'intégration environnementale cherche à traduire les bénéfices environnementaux générés par la réduction des flux en gains environnementaux. Ces indicateurs sont pertinents pour les entreprises soucieuses de leur performance environnementale et qui désirent la communiquer à leurs parties prenantes intéressées.

Dans un troisième temps, l'outil d'évaluation généraliste a été appliqué selon la réalité de la SIB et cet exercice a généré une discussion sur les pistes d'améliorations pour rendre l'outil adapté à la réalité du cas d'étude. En premier lieu, les indicateurs sont testés avec les données issues d'un rapport d'activité émis par le CTTEI pour les deux premières années d'activités. Certains aspects de la performance sont calculés avec les informations disponibles. Sinon, les étapes à suivre pour obtenir l'information pour tous les indicateurs de l'outil d'évaluation sont précisées. De la discussion, il ressort que l'outil d'évaluation contient trop d'indicateurs pour le niveau de maturité de la SI, mais surtout pour le retour sur investissement que ceux-ci peuvent rapporter aux entreprises. Enfin, cet essai a permis d'apporter quelques recommandations pour permettre et optimiser la démarche d'évaluation de la SIB. Le CTTEI et l'animateur doivent mettre sur pied un comité chargé de développer la stratégie d'évaluation. Il apparaît évident que la démarche d'évaluation représente un coût supplémentaire demandé aux entreprises qui peuvent contraindre les entreprises à ne pas évaluer les données demandées si elles n'obtiennent pas de soutien financier. Pour répondre à cela, il peut être étudié la possibilité de demander certaines informations par contrat tout en assurant la confidentialité des données, comme c'est le cas avec le NISP. Finalement, il peut être intéressant de développer un logiciel qui peut faciliter la collecte et la gestion des informations demandées pour l'évaluation de la performance de la SIB.

En conclusion, les objectifs fixés au début de ce travail sont atteints. Cet essai se veut une contribution pour combler une lacune soulevée plus tôt, c'est-à-dire le manque d'écrits au sujet de l'évaluation de la performance et des bénéfices des SI. À la lumière de ce travail, il apparaît clair que l'utilisation d'un outil informatique peut faciliter le développement d'une démarche, tant que celui-ci soit simple d'utilisation, centralise toutes les informations demandées et permette aux entreprises de partager de l'information en toute confidentialité. Cette piste serait très intéressante à développer pour le CTTEI puisqu'elle pourrait permettre l'application sur le terrain d'un outil d'évaluation et pourrait constituer une opportunité de développement intéressant avec des centres de recherche.

RÉFÉRENCES

- ADEME (2007). *Guide des facteurs d'émissions: Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées* (Guide aux entreprises et collectivités). 5e édition, France, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.
- ADEME (2013a). Déchets: outils et exemples pour agir. *In* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. *OPTIGEDE*. <http://optigede.ademe.fr/prevention-dechets-entreprises-par-secteur> (Page consultée le 4 janvier 2014).
- ADEME (2013b). Évaluer les impacts environnementaux. *In* Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. *Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie*. <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15799> (Page consultée le 22 janvier 2014).
- Adoue, C. (2004). *Méthodes d'identification de synergies éco-industrielles réalisables entre entreprises sur le territoire français*. Thèse de Doctorat, Université Technologiques de Troyes, Troyes, 224 p.
- Adoue, C. (2006). *Recherche de synergies éco-industrielles sur le territoire du canton de Genève* (Rapport public). 1ere édition, Toulouse, SARL Systèmes Durables, 57 p.
- Adoue, C. (2007). *Mettre en œuvre l'écologie industrielle*. 1ere édition, Italie, Presses polytechniques et universitaires romandes, 107 p.
- Agarwal, A. and Strachan, P. (2006). *Literature review on eco-industrial development initiative around the world and the methods employed to evaluate their performance/effectiveness* (Literature review). 1st edition, The Robert Gordon University, 20 p.
- Angeon, V., Caron, P. et Lardon, S. (2006). Des liens sociaux à la construction d'un développement territorial durable: quel rôle de la proximité dans ce processus? *Proximité et environnement*, vol. 7. <http://developpementdurable.revues.org/2851> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.2851 (Page consultée le 8 janvier).
- AQCIE (2013). Enjeux: prises de position. *In* AQCIE. *L'association québécoise des consommateurs industriels d'électricité*. <http://www.aqcie.org/enjeux.html> (Page consultée le 22 janvier 2014).
- AQME (2013). Démystifier les factures d'énergie et la gestion de puissance. *In* Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie. *Ma municipalité efficace. Efficacité énergétique et GES: Comment et où agir?* <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/122-efficacite-energetique-ges-demystifier-les-factures-denergie-et-la-gestion-de-puissance.html#texte> (Page consultée le 15 décembre 2013).

- Ayres, R.U. and Ayres, L. W (2002). *A handbook of industrial ecology*. 1st edition, Cheltenham, UK, Edward Elgar Publishing Limited, 680 p.
- Bertram, D. (s.d.). Likert scales...are the meaning of life? (Topic report). CPSC 681, 10 p.
- Blais, C. (2011). *Indicateurs et tableau de bord de gestion: mesure de la performance des PME en développement durable*. M. Sc, Université de Sherbrooke, Sherbrooke.
- Boons, F., Spekkink, W. and Mouzakitis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of cleaner production*, vol. 19, p. 905-911.
- Bourguignon, A. (2000). Performance et contrôle de gestion. *Encyclopédie de Comptabilité, Contrôle de gestion et Audit*, vol. Édition Economica, p. 931-941.
- Brulot, S. (2009). *Mise en œuvre de projets territoriaux d'écologie industrielle en France: vers un outil méthodologique d'aide à la décision*. Doctorat, Université de Technologie de Troyes, Troyes,
- Brulot, S., Payen, A. et Harpet, C. (2012). Industrie, villes et régions dans une économie mondialisée. In Association de Science Régionale De Langue Française, *L'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT): des représentations à l'action* (p. 1-19), Belfort, 9-11 juillet. Belfort, ASRDLF.
- Callois, J. (2004). Capital social et développement économique. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, vol. 4, n° Octobre, p. 551-577.
- Capiez, A. (2008). Réseaux d'entreprises et performance: une approche empirique. Article non-publié. Article, Anger, 20 p.
- Chertow, M. (2000). Industrial Symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and Environment*, vol. 25, p. 313-337.
- Chertow, M., Ashton, W. and Kuppali, T. (2004). The Industrial Symbiosis Research Symposium at Yale. In Anonyme, *Advancing the Study of Industry and Environment* (p. 46), New Haven, Yale Center for Industrial Ecology.
- Chertow, M. (2007). "Uncovering Industrial Symbiosis". *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n° 1, p. 11-30.
- Chu, S.-Y. and Fang, W.-C. (2006). Exploring the Relationships of Trust and Commitment in Supply Chain Management. *Journal of American Academy*, vol. 9, n° 1, p. 224-228.
- CMED (1987). *Notre avenir à tous* (Rapport). Genève, Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement,
- COMETHE (2008). La méthodologie globale COMETHE. In Eutech SSII et Home Sweet Com. *Conception d'Outils METHodologique pour l'Écologie*

industrielle. http://www.comethe.org/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=62 (Page consultée le 16 avril 2013).

Dain, A. (2010). *Analyse et Évaluation de la pérennité des démarches d'écologie industrielle et territoriale*. Master Ingénierie et Management en Environnement et du Développement Durable, Université de Technologie de Troyes, Troyes, 106 p.

Decouzon, C. et M. Maillefert (2012). Évaluer des projets d'écologie industrielle sur des parcs d'activité: des synergies au territoire. *Géographie, économie, société*, vol. 14, n° 4, p. 411-434.

Deffontaines, J.-P., Marcelpoil, E. et Moquay, P. (2001). Le développement territorial: une diversité d'interprétations. In Lardon, S., Maurel, P., Piveteau, V., *Représentations spatiales et développement territorial. Bilan d'expériences et perspectives méthodologiques* (p. 39-56). Paris, Hermès.

Denoual, G. et McCollough, D. (2007). *Analyse comparative de systèmes d'indicateurs de développement durable* (Rapport de développement durable). 1ère édition, Québec, Gouvernement du Québec,

Diemer, A. et Labrune, S. (2007). L'écologie industrielle: quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable. *Développement durable & territoires*, vol. Varia. <http://developpementdurable.revues.org/4121> (Page consultée le 27 septembre 2013).

Donada, C. et Nogatchewsky, G. (2007). La confiance dans les relations interentreprises. Une revue des recherches quantitatives. *Revue française de gestion*, vol. 6, n° 175, p. 111-124.

Dohourou-Renaud. (s.d.). *Les outils d'évaluation de la performance environnementale: Audits et indicateurs environnementaux*. Document non-publié.

Duret, B. (2007). Premiers retours d'expériences en écologie industrielle: étude de cas en Europe et en Amérique du Nord. Synthèses et perspectives. *Les Cahiers de la Chaire D'Écologie Industrielle*, vol. 1, 60 p.

Ehrenfeld, J.R. (1997). Industrial ecology: a framework for product and process design. *Journal of cleaner production*, vol. 5, n° 1-2, p. 87-95.

Ehrenfeld, J.R. (2004). Industrial Ecology: a new field or only a metaphor?. *Journal of cleaner production*, vol. 12, p. 825-831.

EPA (2009). *AP 42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources* (Tool and Information report). fifth edition, United States, Environmental Protection Agency, 203p.

Erkman, S. (1997). Industrial ecology: an historical view. *Journal of cleaner production*, vol. 5, n° 1-2, p. 825-831.

- Erkman, S. (2004). *Vers une écologie industrielle*. 2 édition, Paris, Charles Léopold Mayer, 251 p.
- FACE (2010). *L'engagement social et sociétal au cœur de l'entreprise* (Dossier de presse). 1ere édition, Paris, Agence Virasane,
- Ferrand, D. (2000). *Piloter l'environnement dans l'entreprise*. Montréal, Ordre des Ingénieurs du Québec, 292 p.
- Finlayson, A. (2013). Indicateurs associés à Synergie Québec. Communication orale. *Courrier électronique*, 6 décembre, Sorel-Tracy.
- Frosch, R.A. and Gallopoulos N.E. (1989). Strategies for manufacturing. *Science America*, n° 266, p. 144-152.
- Frosch, R. (1995). L'écologie industrielle du XXe siècle. *Pour la science*, vol. 217, p. 148-151.
- Gautam, R. and Singh, A. (2010). Critical Environmental Indicators used to Assess Environmental Performance of Business. *Global Business and Management Research: An International Journal*, vol. 3, n° 2&3, p. 224-236.
- Geng, Y., Zhang, P., Côté, R.P., and Fujita, T. (2008). Assessment of the National Eco-Industrial Park Standard for Promoting Industrial Symbiosis in China. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 13, n° 1, p. 15-26.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J. and Xue, Bing. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of cleaner production*, vol. 23, p. 216-224.
- Gertler, N. (1995). *Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures*. Master of science in Technology and Policy, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1 41 p.
- Gagnon, C. (2013). Définitions de l'Agenda 21e siècle local. Un outil intégré de planification du développement durable viable. In Gagnon, C.e.A., E. *Guide québécois pour des Agendas 21 locaux: applications territoriales de développement durable viable*. http://www.a21l.qc.ca/9569_fr.html (Page consultée le 15 janvier 2014).
- Gibbs, D. and Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of cleaner production*, vol. 15, n° 17, p. 1683-1695.
- Global Reporting Initiatives (2006). *Lignes directrices pour le reporting de développement durable*. 1ere édition, Amsterdam,
- Google (2014). Google map. In Google. Google. <https://maps.google.ca/?hl=fr> (Page consultée le 4 janvier 2014).

- Industrie Canada (2011). Statistique relative à l'industrie canadienne. In Gouvernement du Canada. *Industrie Canada*. http://www.ic.gc.ca/eic/site/cis-sic.nsf/fra/h_00005.html#p (Page consultée le 23 janvier 2014).
- International Synergies (2014). SYNERGie: Resource Management Platform. In International Synergies Limited. *International Synergies: Industrial Ecology Solutions*. <http://www.international-synergies.com/capabilities/synergie-essential-resource-management-platform> (Page consultée le 7 janvier 2014).
- Jensen, P. D., Basson L., Hellowell E.E., Bailey M.R. and Leach M. (2011). Quantifying "geographic proximity": Experiences from the United Kingdom's National Industrial Symbiosis Programme. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, n° 7, p. 703-712.
- Krajnc, D. and Glavic, P. (2003). *How to compare companies on relevant dimensions of sustainability*. Document non-publié.
- Kurup, B.R., Altham, W. and Van Berkel, R. (2005). *Triple bottom line accounting applied for industrial ecology* (Retour d'expérience). 4th edition, Perth, Australian Research Council, 14 p.
- Kurup, B.R. (2008). *Methodology for Capturing Environmental, Social and Economix Implications of Industrial Symbiosis in Heavy Industrial Areas*. Ph. D., Curtin University of Technology, Perth, Australia, 185 p.
- Kurup, B. & Stehlik, D (2009). Towards a model to assess the sustainability implications of industrial symbiosis in eco-industrial parks. *Progress in Industrial Ecology – An International Journal*. 6. 2. 102-119.
- Laybourn, P. and M. Morrissey (2009). *The pathway to a low carbon sustainable economy* (Rapport d'exercice). Birmingham, International Synergies Ltd, 92 p.
- Laybourn, P. (2013). Opportunities through Industrial Symbiosis: UK NISP and Global Experience. In *International Synergies*, Industrial Symbiosis Workshop for Development Agencies and Regional Plans (p. 1-82 p.), Ankara, January 31st.
- Lussier, G. (2006). *Pour une compétitivité accrue et un dialogue social renforcé: Partenaires pour la compétitivité et l'innovation sociale* (Rapport de mandat). 1^{ere} édition, Québec, Ministère de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 28 p.
- Maltais-Guibault, M. (2011). *L'écologie industrielle au Québec: identification de pistes pour développer ce modèle d'innovation pour les entreprises*. Master en Ingénierie et Management de l'Environnement et du Développement Durable, Université de Technologie de Troyes, Montréal, 1 p.
- Markewitz, K. (2009). Synergie des sous-produits: Application au parc industriel et portuaire de Bécancour. Communication orale. *Rapport final de recherche appliquée*, 31 mars, Sorel-Tracy.

- Markewitz, K. (2013a). *Pour le déploiement des symbioses industrielles: Le développement d'une démarche transférable s'appuyant sur le projet pilote de Bécancour*. Document non-publié.
- Markewitz, K. (2013b). Révision et discussion sur le thème de l'évaluation des symbioses industrielles. Communication orale. *Conversations téléphoniques réalisées par Gabriel Arguin avec Karine Markewitz*, 15 décembre, Sherbrooke.
- MDDEP (2011). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles, plan d'action 2011-2015: Allier économie et environnement* (Plan d'action). Québec, Gouvernement du Québec,
- MEDDE (2014). Les principes de l'évaluation: Faire participer les acteurs et les habitants. In Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. *Référentiel pour l'évaluation des agendas 21 locaux*. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Faire-participer-les-acteurs-et.html> (Page consultée le 16 janvier 2014).
- MERLY, C. (2008). *Étude bibliographique sur les indicateurs de l'Écologie Industrielle — Étude réalisée dans le cadre de l'atelier D du groupe de travail ARPEGE* (Rapport final). BRGM-/RP-56698-FR édition, Orléans, BRGM, 62 p.
- MESS (2013). Grands Dossiers: Emploi et formation. In Ministère de l'Emploi et de la Solidarité sociale. *Emploi et Solidarité sociale*. <http://www.mess.gouv.qc.ca/grands-dossiers/> (Page consultée le 12 janvier 2014).
- Musson, A. (2010). Revue de littérature sur les indicateurs d'attractivité et de développement durable: vers un indicateur d'attractivité durable. *Géographie, économie, société*, vol. 12, n° 2, p. 181-223.
- Ness, B. , Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S. and Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, vol. 60, n° 3, p. 498-508.
- NISP (2013). About the NISP network. In International Synergies Limited. *NISP: National Industrial Symbiosis Programme*. <http://www.nispnetwork.com/> (Page consultée le 15 août 2013).
- Olivier, M. (2010). *Matières résiduelles et 3RV-E*. 3e édition, Lévis, Productions Jacques Bernier, 30 p.
- ORÉE (2003). *Fiche technique no.5: Lignes directrices pour leur élaboration et leur mise en oeuvre destinées aux gestionnaires de zones d'activités* (Fiche technique). Paris, Association Orée,
- Recyc-Québec (2004). *Fiche # facteurs de conversion*. Document non-publié.
- Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles*, R.R.Q., Q2-R43.

- RSE-pro (2013). Comprendre et évaluer la performance sociale. In Parc d'Activités de la Baumondière. *Information sur la Responsabilité sociale et Environnementale pour une entreprise durable*. <http://rse-pro.com/performance-sociale-655> (Page consultée le 01 novembre 2013).
- Schalchli, P. (2008). *Mettre en œuvre une démarche d'écologie industrielle sur un parc d'activités* (Guide). 1^{ère} édition, Paris, ORÉE, 252 p.
- Schneider, F. (2003). L'effet rebond. *Écologiste*, vol. 4, n° 3, p. 45-49.
- Sendra, C., Gabarell, X. and Vicent, T. (2007). Material flow analysis adapted to an industrial area. *Journal of cleaner production*, vol. 15, p. 1706-1715.
- SNL Metals&Mining (2014). Raw materials data. In SNL Financial. SNL Metals&Mining. <http://www.intierrarmg.com/Products/Raw-Materials-Data.aspx> (Page consultée le 22 janvier 2014).
- SPIPB (2007). Choisir Bécancour. In Gouvernement du Québec. *Société du Parc industriel et portuaire de Bécancour*. <http://www.spipb.com/> (Page consultée le 29 novembre 2013).
- Thériault, N. (2011). *Dans le cadre d'une ACV, conception d'un outil d'aide à la sélection d'un jeu de catégories d'impact pour les entreprises européennes et nord-américaines du secteur textile*. Maîtrise en environnement, Centre universitaire de formation en environnement, Sherbrooke, 115 p.
- Tibbs, H. (1993). Industrial Ecology. An Environmental Agenda for Industry. *Global Business Network*.
- Transport Québec (2012). Outil d'estimation des distances routières. In Gouvernement du Québec. *Transport Québec: Québec 511*. <http://www.quebec511.info/fr/distances/index1.asp> (Page consultée le 01/04 2013).
- Turki, A. (2009). Comment mesurer la performance environnementale? *Gestion HEC Montréal*, vol. 34, n° 1, p. 68-77.
- Verville, D. (2013). Évaluation de la faisabilité d'implantation d'indicateurs de performance dans les synergies éco-industrielles. Communication orale. *Conversation téléphonique réalisée par Gabriel Arguin avec David Verville*, 10 décembre, Sherbrooke.
- Voyer, P. (2002). *Tableaux de bord de gestion et indicateurs de performance*. 2^e édition, Ste-Foy, Presse de l'Université du Québec, 446 p.
- Waldner, B.F. (2006). *MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE L'AIDE EXTÉRIEURE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE* (Rapport méthodologique). Volume 1 édition, France, Office des publications officielles des Communautés européennes, France p.

Zaoual, A.-R. (2011). Les attentes et les réalités de l'écologie industrielle : une étude de cas exploratoire d'une PME. AIMS: Association Internationale de Management Stratégique, n° 1260. <http://www.strategie-aims.com/events/conferences/4-xxeme-conference-de-l-aims/communications/1260-les-attentes-et-les-realites-de-lecologie-industrielle-une-etude-de-cas-exploratoire-dune-pme>, (Page consultée le 30 octobre, 2013).

BIBLIOGRAPHIE

- ACLDQ (2011). Qu'est-ce que l'ACLDQ. In Association des centres locaux de développement du Québec. <http://www.acldq.qc.ca/fr/acldq-a-propos.php> (Page consultée le 22 décembre 2013).
- Ashton, W.S. (2009). The Structure, Function, and Evolution of a Regional Industrial Ecosystem . *Journal of Industrial Ecology*, vol. 13, n° 2, p. 228-246.
- Blais, P. et N. Fontaine. (2012). *Les écoparcs industriels*. Document non-publié.
- Boons, F. and J. Howard-Grenville (2009). The social embeddedness of industrial ecology. Massachusetts, Edward Elgar Publishing Limited, 281 p. (Collection MPG Books Group).
- Chen X., T. Fujita, S. Ohnishi, M. Fujii and Y.Geng (2012). The Impact of Scale, Recycling Boundary, and Type of Waste on Symbiosis and Recycling. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, n° 1, p. 129-141.
- Chertow, M. and J. Ehrenfeld (2012). Organizing Self-Organizing Systems. Toward a Theory of Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, n° 1, p. 13-27.
- Conférence Régionale des Élus Centre-du-Québec (20 120). Les Créneaux d'excellence ACCORD: une occasion à saisir. In Portail gouvernemental du Centre-du-Québec. Centre-du-Québec. <http://www.centreduquebec.ca/accord.html> (Page consultée le 29 novembre 2013).
- CQDD (2013). Communication et reddition de compte. In Enigma. Centre québécois de développement durable. <http://www.cqdd.qc.ca/?page=section&idSection=39&idContenuService=5#div13> (Page consultée le 01/16 201).
- CTTEI (2013). Liste des projets. In Eklyps solutions interactives. CTTEI. http://www.cttei.qc.ca/realisations_projets.php (Page consultée le 27 juin 2013).
- David, S. (2011). Identification et analyse des leviers financiers et institutionnels pour la mise en œuvre de symbioses industrielles. Master en Ingénierie et Management de l'Environnement et du Développement Durable, Université de Technologies de Troyes et Université de Sherbrooke, Genève,
- Environnement Canada (2013). Inventaire canadien des gaz à effet de serre. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=83A34A7A-1> (Page consultée le 20 janvier 2014).
- Eurostat (2001). Economy-wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide (Methodological guide). 1st edition, Luxembourg, Office for Official Publication of the European Communities,

- Fèvre-Gauthier, A. (2009). Analyser la durabilité du développement de valorisations non-alimentaires d'Agro-ressources. Doctorat, Université Technologique de Troyes, Troyes,
- FORAC (2011). Indicateurs de performance. In Équipe Tactic. FORAC: de la forêt au client. http://www.forac.ulaval.ca/activites_de_transfert/outils/indicateurs_de_performance/ (Page consultée le 18 décembre 2012).
- Gibbs, D. (2008). Industrial Symbiosis and Eco-Industrial Development: An Introduction. *Geography Compass*, vol. 2, n° 4, p. 1138-1154.
- Gouvernement du Québec (2009). ACCORD, Créneau d'excellence: Groupe MR3: Récupération et mise en valeur des matières résiduelles. Communiqué de presse, Description du Créneau d'excellence Centre-du-Québec, février, Victoriaville.
- IFDD (2009). Fiche technique PRISME: Référentiel sur le diagnostic énergétique dans l'industrie. In IFDD. Institut de la Francophonie pour le Développement Durable. <http://www.ifdd.francophonie.org/ressources/ressources-pub-desc.php?id=352> (Page consultée le 5 janvier 2013).
- Jacobson, N.B. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark. *Massachusetts Institute of Technology and Yale University*, vol. 10, n° 1-2, p. 239-255.
- Kohronen (2001). Some suggestions for regional industrial ecosystems- extended industrial ecology. *Eco-Management and Auditing*, vol. 8, p. 57-69.
- Lorentsen, G.L. (2005). Environment at a glance: OECD Environmental Indicators Organisation for Economic Co-operation and Development 1st edition, France.
- Maillefert, M. et Schalchli, P. (2008). Pré-requis pour la construction d'une méthodologie pour l'implantation d'une démarche d'écologie industrielle à l'échelle d'un espace territorial. In CLERDE USTL, *La problématique du développement durable vingt ans après: nouvelles lectures théoriques, innovations méthodologiques, et domaines d'extension* Lille, 20-22 novembre 2008 CL.
- Massard, G. et C. Thévenet (2012). Mettre en œuvre l'écologie industrielle: résultats et perspectives pour les zones d'activités de Lisieux Pays d'Auge (Rapport d'activité et prospective). Paris, Association Écologie Industrielle Estuaire, 17 p.
- MDDEP (2012). Le Québec en action vert 2020:(Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques). Québec, Gouvernement du Québec.
- ORÉE (2006). Performances environnementales des pratiques de transport et de logistique (Guide de référence). Lyon, Société Alpine de Publications, 142 p.
- Saikku, L. (2006). Eco-industrial parks: A background report for the eco-industrial park project at Rantasalmi (Rapport d'écologie industrielle). Etela-Savo, Finland, Publications of regional council of Etela-Savo, 37 p.

- St-Laurent, L. (2007). Mesure et gestion des déchets solides. In Gouvernement du Canada. Service correctionnel du Canada. <http://www.csc-scc.gc.ca/text/plcy/cdshtm/318-gl7-cd-fra.shtml> (Page consultée le 4 janvier 2014).
- Tranchant, Carole, L. Vasseur, L. Ouattara et J.-P. Van der Linden (2004). L'écologie industrielle : une approche écosystémique pour le développement durable. In Anonyme, Développement durable : leçons et perspectives (p. 203-210), Ouagadougou, 1er juin au 4 juin.
- Van Berkel, R. (2010). Quantifying Sustainability Benefits of Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 14, n° 3, p. 371-373.
- Vendette, N. et Côté V. (2008). L'écologie industrielle en 42 mots. *In* Eklyps Solutions Interactives. *CTTEI*. <http://www.cttei.qc.ca/documents/Elen42mots.pdf> (Page consultée le 18 septembre 2013).
- Zhang, J., Smith, K.R., Ma, Y., Ye, S., Jiang, F. Qi, W., Liu, P., Khalil, M.A.K., Rasmussen, R.A., Thorneloe, S.A. (2000). Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: a database for emission factors. *Atmospheric Environment*, vol. 34, p. 4534-4549.
- Zutshi, Ambika and Amrik S. SohalA (2004). Adoption and maintenance of environmental management systems. Critical success factors. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, vol. 15, n° 4, p. 399-419.

**ANNEXE 1- SYSTÈME D'ÉVALUATION DES SYMBIOSES INDUSTRIELLES
PROPOSÉ PAR COMETHE.**

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Développement territorial	Attractivité	Attractivité en cas de création	Évaluation de l'attractivité d'un système synergétique en cours de création
Développement territorial	Attractivité	Attractivité en cas de pérennisation	Évaluation de l'attractivité d'un système synergétique en cas de pérennisation
Développement territorial	Attractivité	Attractivité en cas de pérennisation	Évaluation de la capacité des entreprises à pérenniser leur activité
Développement territorial	Impact économique	Évolution de l'emploi	Évaluation de la création des emplois générés par l'activité d'un système synergétique
Développement territorial	Impact économique	Poids du système synergétique dans l'économie du territoire	Évaluation de l'importance économique relative du système dans le territoire étudié (locale, départementale, régionale)
Développement territorial	Impact économique	Valeur ajoutée totale du système synergétique	Évaluation de la création de richesse par le système synergétique
Développement territorial	Impact économique	Valorisation de la zone	Évaluation de la valeur créée sur la surface occupée : efficacité d'occupation des sols.
Développement territorial	Impact social	Accès aux services	Évaluation de l'accès aux services pour les employés à proximité de leur lieu de travail
Développement territorial	Impact social	Qualité de l'air	Évaluation de la qualité de l'air

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement économique	Analyse des risques liés aux approvisionnements - Gain financier	évaluation du gain réalisé avec les synergies par rapport à un système sans synergies
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement économique	Coût de fonctionnement	Amortissement Maintenance, main d'œuvre Administratif et taxes Transport et traitement Achat matière/énergie concernée
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement économique	Coût de revient moyen	Somme des dépenses qu'elle doit fournir avant de vendre une unité de sa production
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement économique	Coût en capital	Investissement dans les infrastructures et autres pour le nouveau fonctionnement
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement économique	Produits	Aides publiques, avantages fiscaux.... Vente d'un nouveau service/produit
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Contrainte réglementaire	Note finale de type (x ; y)
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Autonomie énergétique	Évaluation de la quantité d'électricité produite dans le système synergétique
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Complexité technique	Degré de complexité relative à la mise en œuvre de la synergie et dépendant de l'existence des techniques de transformation du flux, du système de collecte et de transfert du flux, etc.

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Énergie économisée par synergie ou mutualisation	Part d'énergie économisée par synergie ou mutualisation dans la quantité d'énergie totale économisée
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Faisabilité technique de la synergie	Faisabilité technique de la synergie
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Modifications internes induites	Niveau de modifications induites par la mise en œuvre de la synergie dans l'organisation de l'entreprise
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Part des déchets des clients qui reviennent dans le système synergétique	Évaluation du bouclage des matières dans le système synergétique : ici, les déchets représentent la matière après consommation
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Rapidité de mise en œuvre	Indique le temps d'étude et d'analyse nécessaire avant le déploiement possible de la synergie (R&D, prototypage de procédés, étude nécessaire, etc.)
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Risques techniques préliminaires - Criticité	Évaluation de l'importance d'une défaillance technique dans le système synergétique
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Valorisation de déchets en interne	Évaluation de la récupération comme source de matière ou d'énergie des matières dans le système synergétique
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Disponibilité des acteurs sur le territoire pour la mise en œuvre et le suivi de l'action	Logistique, transport, collecte, R&D, etc.
Fonctionnement de la synergie	Fonctionnement technique	Disponibilité des ressources humaines dans l'entreprise pour la mise en œuvre et le suivi de l'action	Logistique, transport, collecte, R&D, etc.

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Acteurs impliqués	Nombre de groupes d'acteurs impliqués dans le projet
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Gouvernance de la synergie	
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Indicateur de facilité	Évaluation de la "facilité" à mettre en place une synergie ou mutualisation selon l'analyse du jeu d'acteur (T1)
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Interdépendance des entreprises	Nombre de connexions d'une entreprise donnée à d'autres entreprises du système synergétique
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Présence des groupes aux décisions	Évaluation de l'implication des acteurs par leur présence dans les instances de consultations et/ou de décisions
Fonctionnement de la synergie	Gouvernance	Taux de dépendance	Évaluation de la "distance" qui sépare le centre de prise de décisions du territoire
intégration environnementale	Évaluation environnementale préliminaire	Complexité de l'évaluation environnementale	Complexité vis-à-vis de la collecte des données et du nombre d'entités à modéliser
intégration environnementale	Évaluation environnementale préliminaire	Analyse des risques liés aux approvisionnements - Fiabilité du système synergétique	évalue la capacité du système synergétique à fonctionner sans défaillances sur une période donnée

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
intégration environnementale	Évaluation environnementale préliminaire	Force de l'enjeu environnemental global	Degré d'enjeu de la mise en place de la synergie vis-à-vis de l'impact environnemental. Déterminera s'il est judicieux ou non d'entamer une démarche d'évaluation de la synergie. Résulte du couplage des impacts potentiellement évités/générés.
intégration environnementale	Évaluation environnementale préliminaire	Risques environnementaux préliminaires - Criticité	Évaluation de l'importance d'un impact environnemental dû au système synergétique
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Coûts évités	Évaluation des coûts évités par le maintien de la biodiversité et les services éco-systémiques
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Coûts de remise en l'état du site	Évaluation du coût de réhabilitation des surfaces impactées par l'activité
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Coûts de remplacement	Évaluation du coût de remplacement d'un service modifié ou supprimé par l'activité
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Effet de productivité	Évaluation de l'impact direct de la perturbation de l'écosystème sur le processus industriel
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Perte nette + compensation	Indicateur monétaire Facile à évaluer directement Indique un coût direct pour les acteurs de l'implantation du pôle d'EI
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Agrégation des indicateurs monétaires précédents	Somation de l'ensemble des coûts des cinq indicateurs précédents

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
intégration environnementale	Indicateurs monétarisés	Transfert de valeur	Transposition de la valeur connue d'une zone donnée sur une zone similaire
intégration environnementale	Indicateurs non monétaires	Aires de stockage et parking	Surface occupée par les parkings et aire de stockage.
intégration environnementale	Indicateurs non monétaires	Impact potentiellement évité	Selon le type de synergie (typologie), on peut éviter potentiellement des impacts + ou - importants (déchets, énergie...).
intégration environnementale	Indicateurs non monétaires	Impact potentiellement généré	Selon le type de synergie (typologie), on peut générer potentiellement des impacts + ou - importants (structures, énergie...).
intégration environnementale	Indicateurs non monétaires	Nombre d'individus d'espèces communes	Évaluation de la population d'une ou plusieurs espèces communes
intégration environnementale	Indicateurs non monétaires	Nombre d'individus d'espèces rares	Évaluation de la population d'une ou plusieurs espèces rares
Réduction des flux E/S	Déchets	Efficacité de la production	Ce critère permet d'évaluer la quantité de déchets générés par la production de biens ou de services.
Réduction des flux E/S	Déchets	Évolution des émissions de GES	Résultant de la consommation d'énergie, les GES sont aussi un flux à part entière.
Réduction des flux E/S	Déchets	Quantité de déchets totale	Par définition les synergies diminuent les quantités d'effluents énergétiques et/ou matériels. Ici, ce sont les ces derniers qui sont pris en compte

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Réduction des flux E/S	Déchets	Traitement des boues d'épuration	Du traitement résulte des boues dont la quantité est proportionnelle à la qualité de l'eau
Réduction des flux E/S	Déchets	Valorisation de déchets	Le but d'une mise en synergie peut être la réutilisation de déchets comme coproduits dans un processus de production
Réduction des flux E/S	Eau	Consommation d'eau potable	part de l'eau potable sur la quantité d'eau totale consommée
Réduction des flux E/S	Eau	Évolution de la consommation d'eau	Il s'agit d'évaluer les économies en eau que peut permettre la synergie ou le scénario envisagé
Réduction des flux E/S	Eau	Évolution de la pollution de l'eau	La synergie ou la mutualisation peuvent de réduire les pollutions de l'eau en la réutilisant avant de la rejeté dans l'environnement
Réduction des flux E/S	Eau	Évolution de la quantité d'eau traitée	La synergie peut concerner l'eau. Ceci peut se traduire par une économie de coût de traitement
Réduction des flux E/S	Énergie	Évolution de la consommation d'énergie	On évalue la quantité d'énergie qui va être économisé par la synergie ou le scénario envisagé
Réduction des flux E/S	Énergie	Évolution de la quantité d'énergie finale par unité produite	Il s'agit d'évaluer la "performance" énergétique de la production d'une unité
Réduction des flux E/S	Transport	Évolution de la part du transport de marchandises par voies ferrées ou fluviales	Les marchandises transportées par voies fluviales ou ferroviaires polluent moins et désengorgent les routes.

Thèmes	Sous-thèmes	Nom de l'indicateur	Description
Réduction des flux E/S	Transport	Évolution de véhicules transportant des employés	Le transport est un flux donc la circulation peut être un enjeu dans les DEI. Les plans de déplacement par exemple
Réduction des flux E/S	Transport	Évolution du nombre de poids lourds	Le transport est un flux donc la circulation peut être un enjeu dans les DEI. Il est aussi lié aux variations de flux de quantité de matière première et déchets

(Tiré de : COMETHE, 2008)

ANNEXE 2- DESCRIPTION DES SYNERGIES CONCRÉTISÉES DANS LA SYMBIOSE INDUSTRIELLE DE BÉCANCOUR.

Numéro de la synergie	Offreur	Demandeur	Description du flux	Quantité
SS-001	Fabricant de tiges d'aluminium	Producteur de déglaçant	Saumure riche en sodium, calcium et chlorure	4 000 L/an
SS-002	Fabricant de produits d'entretien ménager	Récupérateur	Boue de gypse	1000 t (2011)
SS-003	Fabricant de produits de chimiques	Fabricant de produits de chimiques	Charbon actif utilisé	20 t/an
SS-004	Fabricant de produits d'entretien ménager	Fabricant de produits d'hydrogène	Hydrogène gazeux	Inconnue
SS-005	Fabricant de produits de chimiques	Fabricant de produits de chimiques	Hydrogène gazeux	inconnue
SS-006	Fabricant de tiges d'aluminium	Récupérateur	Papier-carton	Inconnue
SS-007	Fabricant de produits d'entretien ménager	Récupérateur	Palettes	100 unités/an
SS-008	Producteur d'électricité et de vapeur	Fabricant de produits chimiques	Vapeur d'eau	86000 t/an
SS-009	Producteur d'électricité et de vapeur	Fabricant de produits d'entretien ménager	Vapeur d'eau	Inconnue
SS-010	Fabricant de produits d'entretien ménager	Récupérateur	Résidus dangereux	Inconnue
SS-011	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur d'aliments	Tourteaux	1000 t/jour

Numéro de la synergie	Offreur	Demandeur	Description du flux	Quantité
SS-012	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur d'aliments	Tourteaux déclassés	60 t/sem
SS-013	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur d'aliments	Tourteaux	1000 t/jour
SS-014	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur d'aliments	Sous-produit de raffinage	350 t/sem
SS-015	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur d'huile	Argile blanchissante usée	25 t/sem
SS-016	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur	Argile blanchissante usée	26 t/sem
SS-017	Fabricant et raffineur d'huile	Producteur de biodiésel	Huiles dégommees	Inconnue
SS-018	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur	Boues de décantation	
SS-019	Fabricant et raffineur d'huile	Récupérateur	Tourteaux déclassés	60 t/sem
SS-020	Fabricant et raffineur d'huile	Transporteur	Distillat	30 t/mois
SS-021	Fabricant de produits de silice	Récupérateur	Résidus d'écorces/sable/roches	2000 m ³
SS-022	Fabricant de produits d'hydrogène	Collecteur et récupérateur	Matières recyclables mixtes	25 kg/sem
SS-023	Fabricant de produits de silice	Transformateur de métallurgie	Fines de silicium	Inconnue
SS-024	Fabricant de produits de silice	Tamiseur	Résidus d'écorces/sable/roches	2000 m ³

Numéro de la synergie	Offreur	Demandeur	Description du flux	Quantité
SS-025	Producteur d'aluminium	Constructeur routier	Briques réfractaires	3500 t/an
SS-026	Fabricant de produits pétrochimiques	Fabricant de produits pétrochimiques	Conversion de chaleur résiduelle en électricité	60 % des besoins en électricité de l'usine
SS-027	Fabricant de produits chimiques	Récupérateur	Alumine usée	100 t

(Tiré de : Markewitz, 2013a)

ANNEXE 3 – CRITÈRES D'ÉVALUATION DE LA FAISABILITÉ DE DÉVELOPPEMENT DES INDICATEURS EN ENTREPRISE.

La mise en place des indicateurs nécessite une planification en amont pour assurer la collecte d'information. Pour assurer cette planification, il peut être adéquat de procéder à une évaluation sommaire des indicateurs sélectionnés à l'aide de critères. Les critères ciblés pour ces indicateurs sont les ressources de temps, humaines et financières, car ce sont les aspects sur lesquelles les entreprises portent attention pour la mise en œuvre d'un indicateur (Markewitz, 2013b; Verville, 2013).

Le but de cet exercice est surtout méthodologique et consiste à porter un jugement sommaire pour appréhender la mise en place des indicateurs. L'analyse ne sera pas exhaustive, car d'une part, ce n'est pas l'objectif de l'essai et d'autre part, il est nécessaire d'avoir des connaissances précises sur la SI pour y parvenir.

Dans le cadre de cet essai, des discussions avec des intervenants du milieu de la SI tels que Markewitz (2013) et Verville (2013) et les variables sélectionnées sont étalées sur trois niveaux d'investissements, soit faible, moyen et élevé. Ces niveaux ont été définis en lien avec l'applicabilité au sein des entreprises et sont représentés selon un code de couleur que l'on retrouve dans les tableaux ci-dessous.

Les variables utilisées pour juger les critères sont :

- Accès à l'information pour la collecte de données en lien avec l'indicateur concerné.
- Gestion des données correspond au niveau de difficulté de l'entreprise à devoir gérer et analyser les données une fois qu'elles sont récoltées.
- Gestion des équipements et dispositifs de collecte de données à savoir si l'entreprise doit se charger de l'entretien et du calibrage de ce type d'appareil de mesurage servant à récolter les données.
- Appréciation générale et référence à la capacité de l'entreprise à mettre en œuvre les indicateurs en fonction des niveaux décrits précédemment.

La mise en en place d'un indicateur de SI peut signifier que les entreprises doivent planifier du temps supplémentaire pour les employés et il peut s'agir d'une contrainte

lorsque les horaires des employés sont déjà surchargées. Il faut aussi prendre en compte que le temps investi en lien avec un indicateur de SI, sans oublier avec l'ensemble d'un outil d'évaluation, représente des coûts au niveau du salaire des employés.

Voici l'attribution des niveaux pour les variables du critère « ressources de temps ».

Variable	Niveaux d'investissement		
	Faible	Moyen	Élevé
Accès à l'information	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Peu de temps supplémentaire	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Gestion de l'information	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Faible besoin de temps supplémentaire	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Gestion de l'équipement	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Faible besoin de temps supplémentaire	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Appréciation	Le besoin en temps n'est pas un obstacle au développement de l'indicateur	Le besoin en temps est un obstacle facile à surmonter	Le besoin en temps est un obstacle difficile à surmonter

Ressources humaines

Intimement lié à la ressource de temps, le terme RH désigne l'effort déployé par un salarié pour accomplir une tâche spécifique ou dans ce cas-ci, le travail associé aux variables susmentionnées. Les besoins en RH entraînent à la hausse le niveau des RH.

Voici l'attribution des niveaux pour les variables du critère « ressources humaines ».

Variable	Niveaux d'investissement		
	Faible	Moyen	Élevé
Accès à l'information	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Peu de RH nécessaires	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Gestion de l'équipement	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Peu de RH nécessaires	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Gestion de l'information	Intégrée aux activités	À intégrer aux activités Peu de RH nécessaires	À intégrer aux activités Beaucoup de RH nécessaires
Appréciation	Le besoin en RH n'est pas un obstacle au développement de l'indicateur	Le besoin en RH est un obstacle facile à surmonter	Le besoin en RH est un obstacle difficile à surmonter

Ressources financières

Le terme ressources financières correspond à la capacité de l'entreprise à financer le déploiement de l'indicateur. Ce financement repose sur l'achat et l'entretien d'équipement ou de dispositif pour la collecte de données, mais aussi sur les dépenses en temps pour que les salariés accomplissent leur travail.

Voici l'attribution des niveaux pour les variables du critère « ressources financières ».

Variable	Niveaux d'investissement		
	Faible	Moyen	Élevé
Accès à l'information	Intégrée aux activités Très faibles investissements	À intégrer aux activités Investissements mineurs	À intégrer aux activités Investissements majeurs
Gestion de l'équipement	Intégrée aux activités Très faibles investissements	À intégrer aux activités Investissements mineurs	À intégrer aux activités Investissements majeurs
Gestion de l'information	Intégrée aux activités Très faible investissement	À intégrer aux activités Investissements mineurs	À intégrer aux activités Investissements majeurs
Appréciation générale	Le besoin de moyens financiers n'est pas un obstacle	Le besoin de moyens financiers est un obstacle facile à surmonter	Le besoin de moyens financiers est un obstacle difficile à surmonter

ANNEXE 4 – OUTIL D'ÉVALUATION DE SYMBIOSE INDUSTRIELLE

Thème d'évaluation	Sous-Thème	Indicateur	Source d'information	Cible
Fonctionnement de la synergie	Confiance	Nombre de communications	Entreprises	Animateur ou organisme de recherche
		Satisfaction d'une entreprise	Entreprises	Entreprise, Animateur ou organisme de recherche
	Pérennité	Avancement des synergies	Animateur ou organisme de recherche	Animateur ou organisme de recherche
	Coopération interentreprises	Nombre de synergies	Animateur ou organisme de recherche	Animateur ou organisme de recherche, acteurs politiques
		Durée d'une relation	Animateur ou organisme de recherche	Animateur ou organisme de recherche, acteurs politiques
Réduction des flux	Maîtrise de la matière	Matière entrante	Entreprises	Entreprises, Animateur ou organisme de recherche
		Matière sortante	Entreprises	Entreprises, Animateur ou organisme de recherche
	Maîtrise de l'énergie	Énergie entrante	Entreprises	Entreprises, Animateur ou organisme de recherche
		Énergie échangée	Entreprises	Entreprises, Animateur ou organisme de recherche

Thème d'évaluation	Sous-Thème	Indicateur	Source d'information	Cible
Réduction des flux	Maîtrise de l'énergie	Intensité énergétique	Entreprises	Entreprises
	Transport	Quantité de carburant consommé	Entreprises	Entreprises, animateur ou organisme de recherche
	Maîtrise de l'eau	Eau entrante	Entreprises	Entreprises, animateur ou organisme de recherche
		Eau sortant	Entreprises	Entreprises, animateur ou organisme de recherche
		Intensité de la consommation d'eau	Entreprises	Entreprises
Développement territorial	Gains économiques	Économies liées à l'approvisionnement par flux échangé	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, acteurs politiques, acteurs économiques
		Revenus liés à la vente de sous-produits	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, acteurs politiques, acteurs économiques
		Économies liées à la réduction de l'élimination	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, acteurs politiques, acteurs économiques
	Niveau d'emploi	Nombre d'emplois créés	Entreprises	Acteurs politiques
		Nombre d'emplois sauvegardés	Entreprises	Acteurs politiques
	Innovation	Création d'activités innovantes	Entreprises	Acteurs politiques, acteurs économiques

Thème d'évaluation	Sous-Thème	Indicateur	Source d'information	Cible
Intégration environnementale	Biodiversité et services écosystémiques		Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques
	Gains environnementaux	Matière détournée de l'élimination	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques
		Matière envoyée à l'élimination	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques
		Matière vierge économisée	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques
		CO ₂ évité	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques
		Eau potable économisée	Entreprises, animateur ou organisme de recherche	Entreprises, Acteurs politiques, Acteurs économiques