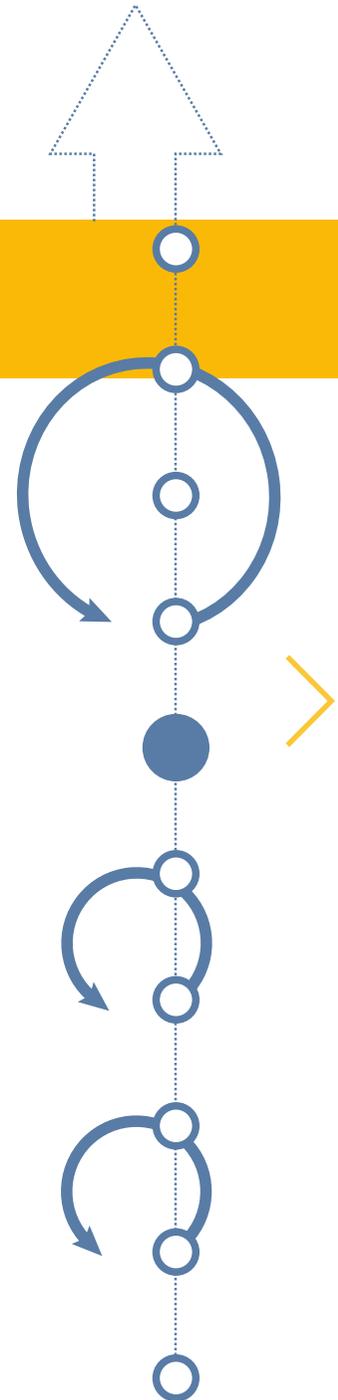


MÉTHODES ET OUTILS

POUR LA MISE EN ŒUVRE DE L' *ÉCONOMIE CIRCULAIRE*
DANS DES ZONES D'ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES AU LUXEMBOURG



J

I

H

G

F

E

D

C

B

A

MÉTHODES ET OUTILS

POUR LA MISE EN ŒUVRE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DANS DES ZONES D'ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES AU LUXEMBOURG

Donneur d'ordre



Coordinateur



Partenaires



Auteurs principaux

Dr. Paul Schosseler, Dr. Jeannot Schroeder (+ImpaKT), Douglas Mulhall (EPEA/TU Delft/TU Munich)

Auteurs thématiques

Sjoerd Burgers, Christiaan Hoetz, Steven Lemain (RHDHV)
Samuel Gillessen, Frédéric Manigart (PROgroup)

Contributions éditoriales

Katja Hansen (EPEA), Taco Hoencamp (RHDHV)
Fabien Nimax, Dr. Christian Tock (Ministère de l'Économie)

Version

© 2017 +ImpaKT - Toute reproduction totale ou partielle de ce document est interdite sans l'autorisation des auteurs.

Couverture

Le schéma représente le processus de co-création, le mécanisme central pour implémenter la circularité dans les zones d'activités économiques.

TABLE DES MATIÈRES

SYNTHÈSE		6
CHAPITRE 1	INTRODUCTION ET CONTEXTE	10
1.1	UNE ÉCONOMIE À IMPACTS POSITIFS	10
1.2	L'ÉTUDE	11
1.2.1	DÉMARCHE	11
1.2.2	RAPPORT	11
1.3	CONCEPTION ET ORGANISATION DE ZONES ÉCONOMIQUES	12
1.3.1	DÉFIS LIÉS AU PROGRÈS TECHNIQUE	12
1.3.2	LE RÔLE CENTRAL DES PARTIES PRENANTES	14
CHAPITRE 2	MÉTHODOLOGIE CIRCULAIRE	17
2.1	LES PRINCIPES DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE	17
2.2	LE PROCESSUS DE CO-CRÉATION CIRCULAIRE	21
2.3	RECOMMANDATIONS MÉTHODOLOGIQUES	24
CHAPITRE 3	OUTILS POUR L'IMPLÉMENTATION	29
3.1	INTRODUCTION	29
3.2	LA BOÎTE À OUTILS CIRCULAIRE: OBJECTIFS, ANALYSE SYSTÉMIQUE ET FEUILLE DE ROUTE	29
3.3	ADAPTATION DE L'APPROCHE CIRCULAIRE AU PROCESSUS ADMINISTRATIF	30
3.3.1	LE PROCESSUS DE CONCEPTION LINÉAIRE	30
3.3.2	INTÉGRATION DE LA MÉTHODOLOGIE CIRCULAIRE DANS LE PROCESSUS ACTUEL	33
3.3.3	RECOMMANDATIONS	34
3.4	EXEMPLES DE SOLUTIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA CIRCULARITÉ DANS UNE ZAE	36
3.4.1	INTRODUCTION	36
3.4.2	LA CONCEPTION MODULAIRE	36
3.4.3	UN CONCEPT DE SERVICE POUR PRODUITS CHIMIQUES ("CHEMICAL LEASING")	38
3.4.4	L'ÉNERGIE DURABLE, UTILISÉE DE MANIÈRE EFFECTIVE	41
3.4.4.1	L'ÉNERGIE AU NIVEAU DU BÂTIMENT	41
3.4.4.2	LA GÉOTHERMIE	42
3.4.5	LA BIODIVERSITÉ POUR L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ	43
ANNEXES		45

INDEX DES FIGURES

Figure 1	Représentation schématique du cycle d'utilité complet d'une ZAE, avec un positionnement des recommandations génériques par rapport aux différentes étapes.	5
Figure 2	Représentation des parties prenantes dans le processus de gestion actuel d'une ZAE, selon le schéma adapté du « circular buy-in » de la Fondation Ellen MacArthur.	12
Figure 3	Illustration schématique des cycles biologique et technologique et des principes de gestion des matériaux dans les différents cycles.	15
Figure 4	Schéma illustrant les étapes principales de la méthodologie circulaire, en forme de sablier inversé.	18
Figure 5	Représentation des parties prenantes dans un processus de planification circulaire selon le schéma adapté du « circular buy-in » de la Fondation Ellen MacArthur, connectant les phases de conception et d'exploitation).	24
Figure 6	Schéma illustrant l'intégration de la méthodologie circulaire dans le processus de planification linéaire.	30
Figure 7	Illustration du principe de conception modulaire pour un système de transport industriel.	33
Figure 8	Schéma illustrant une gestion traditionnelle de produits chimiques et le modèle de reprise de produits chimiques (TaBaChem).	34

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1	Motivations et moyens pour la mise en œuvre des recommandations circulaires.	7
Tableau 2	Impacts du développement technologique et sociétal sur la planification de l'espace.	10
Tableau 3	Parties prenantes dans le processus de planification d'une ZAE et leurs rôles respectifs.	11

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AFOM	Atouts-Faiblesses-Opportunités-Menaces
C2C	Cradle to Cradle
CFUE	Cellule de Facilitation Urbanisme et Environnement
EC	Economie Circulaire
GWh	Gigawatt heure
LIST	Luxembourg Insitute of Science and Technology
ITM	Inspection du Travail et des Mines
MTD	Meilleurs Techniques Disponibles
MWp	Megawatt peak
MWth	Megawatt thermique
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
PAG	Plan d'Aménagement Général
PAP	Plan d'Aménagement Particulier
PM	Particulate Matter
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PS	Plan Sectoriel
PV	PhotoVoltaïque
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RSE	Responsabilité Sociétale de l'Entreprise
SDK	SuperDrecksKëscht
SICLER	Syndicat Intercommunal pour la promotion du canton de CLERvaux
TaBaChem	Take Back Chemicals
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
UNIDO	United Nations Industrial Development Organisation
ZAE(R)	Zone d'Activité Économique (Régionale)



Zone d'activités économiques Eselborn-Lentzweiler, qui a servi comme cas d'étude pour la méthodologie circulaire.

0 | SYNTHÈSE

La présente étude permet de dégager des recommandations-clés pour **une conception et une gestion circulaires d'une zone d'activités économiques (ZAE)**. Ces recommandations sont extraites des différents chapitres décrivant la méthodologie circulaire, développée dans le contexte de l'étude, et son expérimentation pour le cas de la ZAE régionale Eselborn-Lentzweiler¹ (voir image aérienne en page 5).

L'approche de **co-création circulaire** est illustrée schématiquement en couverture. Elle est conçue selon la méthode du sablier inversé et expliquée en détail dans le CHAPITRE 2.2. Elle permet de développer une ZAE de manière itérative et dans une approche collaborative. Elle regroupe et relie les instruments de la boîte à outils circulaire, développés au cours de cette étude et présentés dans l'ANNEXE II sous forme de 4 tableaux. La méthodologie circulaire s'adresse plus particulièrement au maître d'ouvrage de la zone et aux décideurs étroitement associés. Une condition indispensable pour une application réussie de cette méthodologie est **l'affectation de ressources (humaines et logistiques) suffisantes** dès le démarrage du processus. Cet investissement en amont est crucial pour créer un environnement industriel plus attractif au Luxembourg, réaliser des économies, promouvoir l'innovation et la compétitivité et augmenter la productivité.

Le schéma graphique dans la Figure 1 introduit la notion du cycle d'utilité² de la ZAE, avec les 3 étapes principales qui sont a) la conception et la construction, b) l'exploitation et c) la déconstruction. Une recommandation essentielle consiste dans une approche de conception et d'exploitation holistique et cir-

culaire, permettant la génération d'impacts positifs et d'une plus-value partagée pour toutes les parties prenantes pendant tout le cycle d'utilité de la zone. Bien que la phase d'exploitation soit la plus longue, les leviers d'action pendant cette phase sont pour la majorité déterminés dès la conception, ce qui explique l'attention particulière accordée à cette 1^{ère} phase. Le graphique positionne également les recommandations génériques du Tableau 1 par rapport au cycle d'utilité de la ZAE.

Les praticiens de l'économie circulaire (EC) reconnaissent que l'approche holistique, indispensable pour obtenir des résultats concrets sur le terrain, entraîne une certaine complexité. Pour transformer cette complexité en simplicité, le recours à des logiciels informatiques est la solution de choix. Afin de conférer un avantage compétitif au Luxembourg et à ses entreprises, nous recommandons que les autorités compétentes fassent développer **un outil informatique de planification et de gestion de ZAE selon les principes de l'EC**. Un cahier de charges pour les attributs clés du logiciel sera à définir lors de l'expérimentation future de la méthodologie circulaire.

« La méthodologie de co-création circulaire et la boîte à outils y associée constituent le résultat principal de l'étude. »

1 - La zone d'activités économiques Eselborn-Lentzweiler est une ZAE régionale, et l'acronyme complet selon la dénomination officielle est donc ZAER. Comme la méthodologie circulaire s'applique également à des ZAE communales ou nationales, nous allons utiliser au travers de l'étude l'acronyme ZAE pour désigner tout type de zone d'activités. Les résultats de l'expérimentation de la méthodologie circulaire pour la ZAE Lentzweiler-Eselborn sont décrites dans un rapport spécifique à part.

2 - Nous utilisons le terme cycle d'utilité, couvrant toutes les étapes de la conception et construction, exploitation à la déconstruction plutôt que cycle de vie, connotation réservée à des êtres vivants.

CONCEPTION ET CONSTRUCTION **A**

- 1 | **Accélérer le processus**
pour mieux impliquer les parties prenantes
et réduire les coûts
- 2 | **Densifier, organiser et rendre modulaire**
pour une meilleure utilisation de l'espace
et des ressources
- 3 | **Soigner la qualité de l'aménagement**
pour augmenter l'attractivité
et la compétitivité de la zone

B EXPLOITATION DE LA ZONE

- 4 | **Gérer la collaboration**
pour favoriser la résilience
des entreprises et garantir
une haute valeur résiduelle
des infrastructures

DÉCONSTRUCTION **C**

- 5 | **Gérer la réaffectation**
pour fermer les boucles
biologiques et technologiques



Figure 1 : Représentation schématique du cycle d'utilité complet d'une ZAE, avec un positionnement des recommandations génériques par rapport aux trois étapes principales.

Le Tableau 1 fournit un descriptif succinct des cinq recommandations génériques de la Figure 1, les motive et résume les moyens les plus importants pour réaliser ces recommandations.

Action	Comment ?	Pourquoi ?
1 Accélérer le processus	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un processus de co-crédation avec toutes les parties prenantes, en intégrant les méthodes et outils circulaires le plus tôt possible dans le processus de planification. • Désigner un pilote unique du processus et investir dans la collecte, la centralisation et la diffusion d'une information de qualité. • Encourager de manière spécifique la participation des communes et citoyens voisins et renforcer leur rôle dans le processus. • Prévoir un appui de coordination méthodologique au niveau national. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire la durée du processus et les coûts y associés, en anticipant et partageant les risques. • La prise en compte d'oppositions potentielles permet de mieux les gérer et de les désamorcer. • Adapter la zone au contexte régional et aux besoins réels et éviter ainsi des surcoûts d'infrastructures pour la zone et la région. • Augmenter l'attractivité de la zone pour les investisseurs privés par une image de qualité et d'efficacité.
2 Densifier, organiser et rendre modulaire	<ul style="list-style-type: none"> • Densifier la zone par des infrastructures partagées et des services mutualisés prévus dès la conception (eau, énergie, matières, transport, mobilité), p.ex. un réseau de chaleur ou un service de produits chimiques. • Organiser la zone en fonction des activités économiques existantes et futures, en favorisant l'application d'innovations technologiques. • Introduire une approche de modularité dans toutes les étapes du développement et planifier la résilience du futur, pour les infrastructures, les bâtiments et leurs composants. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gérer et réduire les coûts par un développement modulaire et partagé des infrastructures et de l'espace. • Gérer de manière plus profitable le terrain et l'espace, qui sont des ressources précieuses au Luxembourg. • Une autonomie en énergie et en eau augmente la résilience et la sécurité pour les entreprises. • La prise en compte d'innovations technologiques, liées notamment aux technologies de l'information et de la communication est essentielle pour la résilience du futur.
3 Augmenter la qualité de l'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter la qualité de l'aménagement de la zone, en tenant compte de la dimension humaine et environnementale. • Prévoir un réseau de mobilité douce (piétons, vélos), transports publics efficaces et accessibles. • Intégrer la zone dans la région à travers des prestations de service communes, en relation directe avec les besoins de la zone (p.ex. crèches, restaurants). • Réaliser des espaces verts connectés et multifonctionnels : rétention d'eau, récréation, biodiversité, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter l'attractivité pour les employés, visiteurs, riverains, investisseurs. • Meilleure acceptation et appropriation par les utilisateurs de la zone et donc meilleure rentabilité et productivité et moins de maladies et d'absentéisme. • Meilleure intégration de la zone dans son contexte et donc plus-value socio-économique pour la région (emplois, services).

Action	Comment ?	Pourquoi ?
4 Gérer la collaboration	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place et investir dans une gestion continue de la collaboration entre les parties prenantes. • Favoriser une exploitation centralisée et intégrée des stocks et des flux de matières et d'informations : infrastructures et espaces partagés, flux d'eau, d'énergie, mobilité/logistique, compétences (ressources humaines), informations (innovations). • Animer et développer les services mutualisés (aux entreprises et employés). 	<ul style="list-style-type: none"> • Maîtrise et réduction des coûts d'exploitation pour les entreprises par une meilleure efficacité de l'utilisation des ressources. • Réduction des coûts grâce à la flexibilité pour une densification et extension. • Création d'une plus-value régionale. • Création de conditions favorables pour une innovation continue et donc un avantage compétitif des entreprises.
5 Gérer la réaffectation	<ul style="list-style-type: none"> • La modularité des infrastructures (sol, hors sol) permet une ré-affectation et déconstruction de parcelles / bâtiments ainsi qu'une réutilisation des composants et matériaux des infrastructures (p.ex. parking démontable). • Veiller à la résilience et la modularité lors de transformations ou rénovations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réponse au besoin souvent observé de réaliser des adaptations dans les 3-7 ans suivant la 1^{ère} implantation dans la zone, en fonction des utilisateurs. • Gains économiques réalisables à travers une valeur résiduelle importante des bâtiments, composants et matériaux. • Meilleure gestion des risques, réduction des coûts « hérités » (friches) et des dettes externalisées par les entreprises ou les acteurs publics.

D'autres recommandations plus spécifiques sont développées dans les CHAPITRES 2 et 3 (p.24ff : méthodologie circulaire et p.34ff : alignement avec les procédures, outils pour l'implémentation). Elles ne sont pas toutes listées ici pour des raisons de clarté mais forment une partie intégrante des conclusions générales de l'étude.

Tableau 1 : Motivations et moyens pour la mise en œuvre des recommandations circulaires.

1 | INTRODUCTION ET CONTEXTE

1.1 ÉCONOMIE À IMPACTS POSITIFS

Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg a fait de l'Économie Circulaire (EC) un de ses fils rouges pour le développement socio-économique du pays, sur base de l'étude « Luxembourg as a knowledge capital and testing ground for the circular economy » réalisée en 2014³. L'EC se définit comme un système économique d'échange et de production qui, « à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus »⁴. En plus « l'économie circulaire concrétise l'objectif de passer d'un modèle de réduction d'impact à un modèle de création de valeur positive sur un plan social, économique et environnemental »⁵.

Par rapport au modèle linéaire classique du « extraire - produire - utiliser - jeter », l'EC crée et maintient de la valeur socio-économique, ceci grâce aux boucles vertueuses du partage de biens, de la réparation, de la réutilisation et du reconditionnement de produits et de composants. Un autre principe fondamental est celui des cycles technologique et biologique dans lesquels évoluent des produits qui rendent service ou sont consommés, respectivement. Tout produit ou matériau est conçu comme un nutriment utile et non comme une nuisance. Des circuits économiques qui fonctionnent selon cette logique contribuent à la préservation des ressources et une meilleure utilisation des biens et services en général.

En plus de ces principes généraux, l'étude précitée met en évidence un certain nombre d'arguments en faveur de l'EC au Luxembourg, notamment une meilleure résilience face à une pénurie de matières premières dans des secteurs industriels clés au Luxembourg ou encore la création d'emplois locaux pour des travailleurs moins qualifiés. Encore faut-il que ce repositionnement, cette réécriture des modèles de développement sur lesquels la société luxembourgeoise s'appuiera dans les décennies à venir, trouve une transcription suffisamment opérationnelle pour qu'elle puisse être partagée et appliquée par le plus grand nombre.

L'application des principes de l'EC à la conception et exploitation de ZAE fournit un éventail de nouvelles possibilités pour transformer les impacts potentiellement négatifs liés à ces zones en plus-value économique et sociétale. La présente étude décrit comment mettre en œuvre cette transformation et servira donc comme guide aussi bien pour l'extension de ZAE existantes que pour la développement de nouvelles ZAE au Luxembourg.

3 - <https://www.luxinnovation.lu/news/luxembourg-knowledge-capital-testing-ground-circular-economy>

4 - <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>

5 - http://www.institut-economie-circulaire.fr/Qu-est-ce-que-l-economie-circulaire_a361.html

1.2 L'ÉTUDE

1.2.1 DÉMARCHE

Le Ministère de l'Économie a confié la mission « d'étudier un concept d'économie circulaire pour les ZAE luxembourgeoise - exemple de la ZAE d'Eselsborn - Lentzweiler » à la société de conseil +ImpaKT, qui s'est entourée de l'expertise des trois partenaires EPEA, PROgroup et Royal HaskoningDHV. La méthodologie a été développée et expérimentée pour le cas d'étude de cette zone et le présent rapport s'appuie de manière récurrente sur les conclusions de cette expérimentation.

De manière générale l'étude compte démontrer que des ZAE conçues selon les principes de l'EC permettent de transformer des facteurs de développement durable, perçus souvent comme contraignants et coûteux en opportunités, avantages concurrentiels et valeurs économiques, ce qui représente un véritable changement de paradigme dans le contexte des zones d'activités économiques.

Une démarche collaborative a visé à intégrer dès le départ toutes les parties prenantes clés dans le projet, à les informer, récolter leurs avis et tenir compte de leurs expériences, conformément à la méthodologie proposée. Cette approche a permis un feedback régulier et de ce fait une amélioration et adaptation continue du déroulement du projet.

1.2.2 RAPPORT

Le présent rapport présente les méthodes et outils développés lors de l'étude ainsi que les conclusions et recommandations générales.

Le suite du CHAPITRE 1 introduit la thématique et positionne l'EC dans le contexte des ZAE. Le CHAPITRE 2 rappelle les principes de l'EC et présente la méthodologie circulaire qui a été développée par les partenaires du projet pour concevoir et gérer une ZAE selon les principes de l'EC et générer une plus-value pour toutes les parties prenantes. Le CHAPITRE 3 développe ensuite les stratégies et moyens pour la mise en œuvre de la méthodologie: les quatre tableaux de la boîte à outils, le positionnement de la méthodologie circulaire par rapport au processus réglementaire et administratif de la conception d'une ZAE et un ensemble de solutions d'implémentation.

Les recommandations générales et génériques pour les ZAE sont reprises dans la SYNTHÈSE en entrée du rapport.

1.3 CONCEPTION ET ORGANISATION DE ZONES D'ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

1.3.1 DÉFIS LIÉS AU PROGRÈS TECHNIQUES

Afin de bien saisir les enjeux liés à la conception et l'organisation de ZAE aujourd'hui, il est intéressant de les mettre dans le contexte de l'innovation et les conséquences pour l'aménagement de l'espace et la cohabitation des activités sociétales. Le schéma dans la Tableau 2 illustre cette organisation en fonction des moyens technologiques à disposition suite aux différentes révolutions industrielles⁶.

Le Tableau 2 résume les implications de ces innovations pour l'organisation de l'espace et les approches de planification pour des activités économiques. Ces développements à un rythme accéléré demandent de repenser fondamentalement les manières de concevoir et d'organiser les activités économiques dans ces zones.

Les facteurs à prendre en compte sont, entre autres :

- les cycles d'innovation technologiques de plus en plus courts, dont la croissance exponentielle des capacités de gestion et d'analyse des flux d'informations et de données complexes, grâce aux technologies de l'information et de la communication (TIC) de plus en plus performantes,
- les changements profonds des modes de travail, déclenchés et favorisés par ces innovations,
- la précarité des ressources de toutes sortes, dont un espace géographique réduit pour la situation spécifique du Luxembourg.

Afin de pouvoir répondre aux interrogations par rapport à l'organisation et la planification des activités économiques et notamment des ZAE au futur, il importe en 1^{er} lieu d'analyser de manière plus précise le rôle, les objectifs et les intérêts des parties prenantes impliquées dans ces processus.

« La raréfaction des ressources, les changements des modes de travail et les innovations technologiques demandent de repenser fondamentalement les manières de concevoir et d'organiser les zones d'activités économiques. »

6 - <http://www.troisiemerevolutionindustrielle.lu/etude-strategique/>

				
Énergie				
Transport				
Communication				
Espace urbain				
	Ère préindustrielle	1^{ère} révolution industrielle	2^{ème} révolution industrielle	3^{ème} révolution industrielle
Innovations technologiques	Intensité énergétique et activités faibles, Pas de moyens efficaces de transport pour les matières premières et produits, Main d'œuvre locale	Machine à vapeur, Chemin de fer pour le transport des matières, produits, Concentration de la main d'œuvre dans des villes plus grandes	Pétrole pour le transport des matières premières et marchandises, Mobilité des travailleurs, La télécommunication électronique (télégraphe, téléphone, radio) facilite l'organisation	Energies renouvelables, Digitalisation, communication multimédias et nouveaux modes de production (robotique, fabrication additive)
Organisation de l'espace	Habitations, activités économiques et marchés proches et interconnectés, Proximités des sources d'énergies renouvelables (bois, fleuves)	Complexes industriels et usines plus grandes dans les villes, proches de la main d'œuvre et des cours d'eau, Besoins importants en eau pour la production de l'énergie (vapeur)	Séparation de l'habitation et des activités de production, Création de zones industrielles, commerciales, etc. Réseaux d'infrastructures entre les pôles d'activité (routes, électricité)	Mixité croissante des activités et modes de vie, Logistique mondiale vs. Production décentralisée
Approches et facteurs de planification	Organisation décentralisée, Les distances géographiques constituent des barrières importantes	Aménagement urbain, Préoccupation pour la salubrité des lieux	Aménagement de l'espace, Préoccupation croissante pour les nuisances pour la santé et l'environnement	Approches holistiques pour l'aménagement, Préoccupations santé, environnement et précarité des ressources, Innovation accélérée

TEMPS 

Tableau 2 : Impacts du développement technologique et sociétal sur la planification de l'espace et organisation des activités économiques en fonction des trois révolutions industrielles et de l'accélération de l'innovation et de la productivité.

1.3.2 LE RÔLE CENTRAL DES PARTIES PRENANTES

Huit catégories de parties prenantes (privées et publiques) ont été identifiées dans le processus classique de planification et de gestion et analysées par rapport à leur rôle lors de la conception et de l'exploitation d'une ZAE. Elles sont illustrées dans le Tableau 3 via le cas d'étude de la ZAE Eselborn-Lentzweiler.

Le schéma réglementaire et législatif actuel est décrit de manière plus détaillée dans le CHAPITRE 3.3.

Une approche intéressante pour catégoriser ces parties prenantes, évaluer leur influence/intérêt par rapport au projet et définir ainsi leur implication est la méthode du « Circular buy-in », développée par la Ellen MacArthur Foundation en collaboration avec l'entreprise de conception IDEO⁹.

	Parties prenantes	Rôle
1	Le développeur de la ZAE de Eselborn-Lentzweiler, le SICLER ⁷ avec en appui les communes constituant le syndicat (Clervaux, Parc Hosingen, Troisvierges, Weiswampach, Wintrange)	Actif dans la conception, intérêt principal pour le développement, financeur
2	Les communes directement concernées par les démarches administratives et organisationnelles (Clervaux, Wintrange)	Actives dans le cadre des procédures PAG/PAP ⁸ /autorisation de bâtir
3	Les autorités étatiques impliquées dans le processus d'autorisation	Actives pour les autorisations, le pré/co-financement, mais implication souvent séquentielle
4	Les riverains et voisins (citoyens, entreprises) impactés de manière positive ou négative par le projet	Intérêt important, mais implication faible dans les processus de conception, consultation PAG/PAP, commodo/incommodo
5	Les entreprises déjà implantées dans la zone / intéressées ou décidées à s'implanter (management, employés)	Intérêt +/- prononcé, mais faible implication dans la planification générale
6	Les prestataires de services publics et privés pour les infrastructures : bureaux d'ingénieurs, voirie, eau, assainissement, énergie, télécommunications, etc.	Intérêt +/- prononcé car influence importante sur leurs activités, mais plutôt réactifs
7	Autres acteurs publics et privés actifs dans le contexte de la ZAE (Guichet unique PME, Naturpark Our, ONG)	Intérêt +/- prononcé, mais influence faible
8	Les prestataires de service pour les entreprises (p.ex. déchets, bureaux d'études, gardiennage, logistique, catering)	Réactifs, selon besoins et demandes des entreprises

7 - SICLER - Syndicat Intercommunal pour la promotion du canton de CLERVAUX
 8 - PAG - Plan d'Aménagement Général, PAP - Plan d'Aménagement Particulier
 9 - <https://www.circulardesignguide.com/methods>

Tableau 3 - Parties prenantes dans le processus de planification d'une ZAE et leurs rôles respectifs.

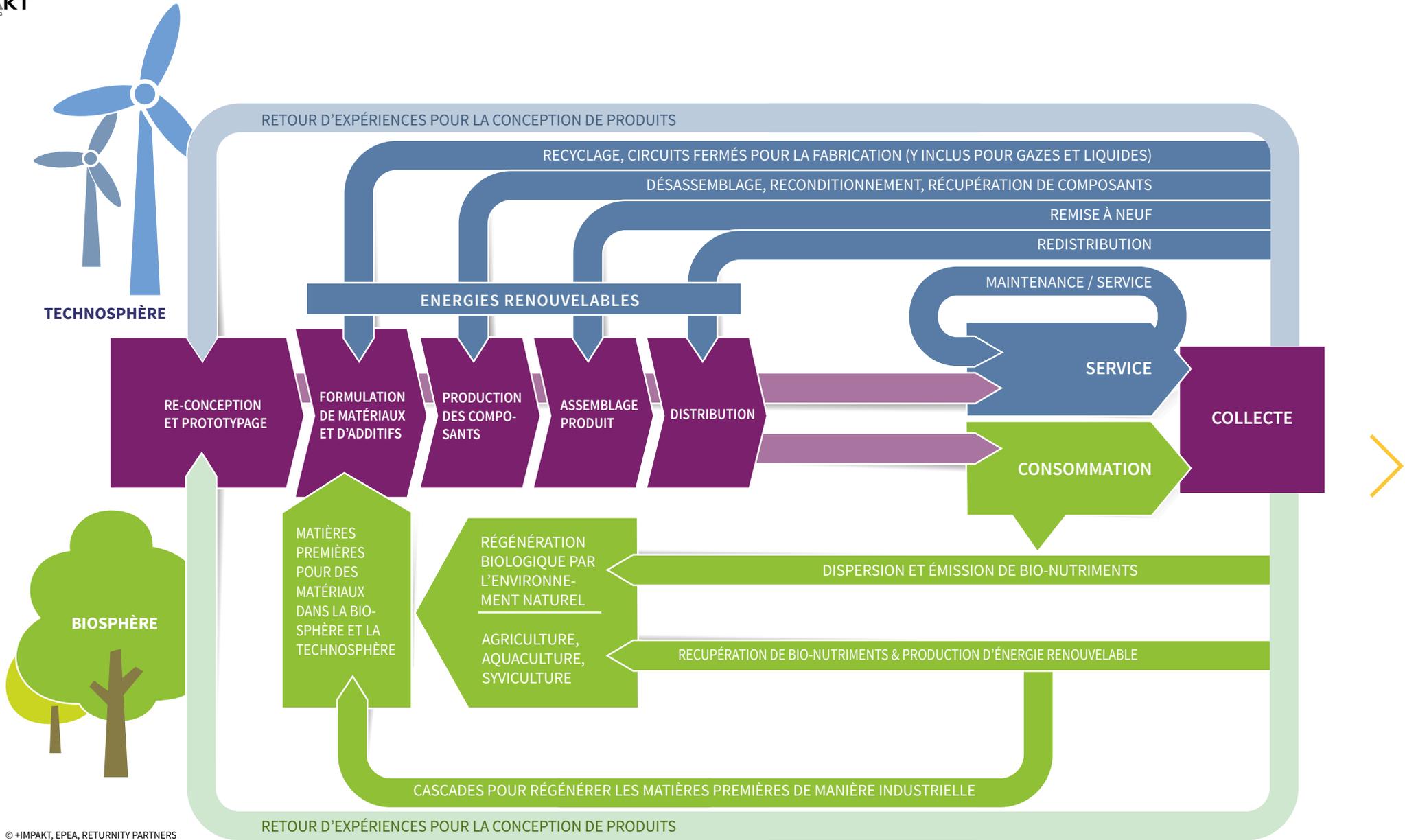
La Figure 2 reprend la cartographie des parties prenantes, telles que décrites dans le tableau dans ce schéma de représentation des influences / intérêts, pour les phases de la conception et de l'exploitation.

Dans les limites actuelles du processus de planification, tel que défini par les procédures, ce sont surtout les acteurs publics, communaux et étatiques, qui ont le plus d'intérêts et d'influence lors de la phase de conception. L'influence

des acteurs privés, entreprises et riverains, qui sont intéressés ou impactés par l'exploitation de la zone est par contre faible lors de cette 1^{ère} phase. Cette disparité peut mener à une conception non-adaptée ou alignée avec les intérêts des utilisateurs finaux. Dans le CHAPITRE 2 nous allons proposer une réelle alternative à cette manière segmentée de travailler, un processus de co-création qui offre des possibilités de création de valeur pour toutes les parties prenantes, sur tout le cycle d'utilité de la ZAE.



Figure 2 - Représentation des parties prenantes dans le processus de gestion actuel d'une ZAE, selon le schéma adapté du « circular buy-in de la Fondation Ellen MacArthur ».



© +IMPAKT, EPEA, RETURNITY PARTNERS

Figure 3 : Illustration schématique des cycles biologique et technologique et des principes de gestion des matériaux dans les différents cycles (Source: EPEA, Returnity Partners).

2 | MÉTHODOLOGIE CIRCULAIRE

2.1 LES PRINCIPES DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Nous identifions par la suite six principes majeurs de l'EC qui ont guidé le développement de la méthodologie circulaire proposée:

1| Une bonne connaissance et gestion des flux de matières et de leur valeur.

Le volet matières comprend deux sous-catégories : matières et matériaux utilisés et mobilisés pour l'aménagement et la construction de la ZAE, y inclus infrastructures et procédés techniques, ainsi que les matières et matériaux utilisés dans les processus de production des entreprises. Les premiers sont immobilisés sur le site pendant le cycle d'utilité de la zone, pendant tout le temps ou une partie, alors que les derniers transitent la zone et sont transformés ou consommés. Il est important de noter que le volet matières ne comprend pas seulement les ressources primaires et secondaires mais également les produits et composants. En effet, la valeur économique des produits et composants excède celle des matériaux constituants souvent d'un facteur de dix et plus, suite aux processus de fabrication, distribution etc. Un des fils conducteurs pour l'économie circulaire est le maintien de la valeur au plus haut niveau. Les outils des TIC sont des facteurs facilitateurs clés dans la collecte, la gestion et le partage des informations sur les flux de matériaux.

2| Le respect des cycles biologique et technologique.

Un élément clé de la bonne gestion des matières est la reconnaissance de leur évolution dans les deux cycles biologique et technologique. Les matériaux tels que les métaux ou les plastiques sont utilisés pour la fabrication de biens et de produits destinés à rendre service et retourner dans la production en respectant le cycle technologique. Les matériaux biologiques sont consommés et retournés comme nutriments vers les écosystèmes naturels d'où ils proviennent (voir Figure 3 pour une explication détaillée des deux cycles).

Dans une économie bio-basée les matériaux biologiques sont également injectés dans le cycle technologique, mais sous condition qu'ils y restent et évoluent ou bien qu'ils puissent retourner dans le cycle biologique sans nuisances. Il est également possible d'utiliser dans le cycle technologique des matériaux qui sont toxiques pour des écosystèmes biologiques mais dont l'utilisation est sûre, aussi longtemps qu'ils circulent en boucle fermée. Ainsi, la plupart des équipements électroniques contiennent des substances chimiques qui sont toxiques si relâchés dans l'environnement, mais qui sont des ressources utiles pour leur fonction dans le cycle technologique. D'autre part, un produit comme le papier fabriqué à partir de la cellulose est idéalement conçu pour retourner dans le cycle biologique sans contamination, ce qui est rarement le cas dans le modèle économique actuel, à cause des encres et autres ingrédients toxiques. Les cycles biologique et technologique sont des concepts de base pour guider la mise en œuvre de modèles commerciaux circulaires.

3| Fermer la boucle au niveau local ou régional.

Un autre principe lié à la gestion des matériaux et plus particulièrement aux matériaux biologiques (illustré également à travers le cycle de l'eau, voir encart à la page 19) est celui des cycles locaux ou régionaux. Le retour de nutriments dans le cycle biologique devrait se faire dans la manière du possible proche de leur site extraction, pour éviter des déséquilibres trop importants du cycle biologique en termes géographiques. Si pas possible régionalement, la restitution des nutriments doit au moins tenir compte des capacités d'absorption du milieu récepteur. Pour l'eau ce principe signifie, entre autres, que des quantités d'eau technique, qui sont amenées de loin dans une ZAE par manque de réserves d'eau locales, doivent être gérées de manière responsable.

4| **Utilisation d'énergies renouvelables.** L'économie circulaire préconise une utilisation rationnelle de l'énergie et le recours à des énergies renouvelables, sous différentes formes : solaire, vent, géothermie. Ces formes d'énergie sont à disposition de manière abondante et elles ne mobilisent pas de flux de matières à partir du cycle biologique, comme p.ex. la biomasse. Dans une logique d'EC, l'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie doit se faire sans perturbation majeure des cycles naturels (voir point 3), de préférence par la production de biogaz et d'un digestat, riche en nutriments. Brûler du bois revient à détruire des stocks de CO₂ constitués pendant des décennies et conduit à la perte de nutriments.

5| **Conception intelligente et modulaire** de produits et d'infrastructures pour une durée d'utilisation adaptée au besoin. Une conception modulaire favorise la réparabilité et le reconditionnement, ainsi que la récupération des composants et matériaux et leur réaffectation aux cycles biologique ou technologique en fin d'utilisation. Ce principe devra s'appliquer dans le présent contexte de manière explicite aux terrains de la zone et aux infrastructures et procédés techniques. Une conception modulaire d'une ZAE prend en compte toutes les phases d'utilisation de la zone, y inclus sa déconstruction.

6| **Création et partage de valeurs**, à tous les niveaux de la chaîne de production et des activités de la ZAE. Ce principe inclut de manière explicite des aspects de santé et de bien-être des employés dans la zone comme partie prenante (résultant dans une meilleure attractivité de la zone et une productivité accrue des employés à terme). La création et le partage de valeur sont favorisés par la collaboration le long de la chaîne de valeur et la reconnaissance du fait que la plus-value d'un objet ne réside pas dans l'objet même (et donc sa possession), mais le service rendu à travers l'objet. Le principe « produit comme service » peut s'appliquer de multiples manières dans la conception et la gestion d'une ZAE et créer des bénéfices, y inclus dans la gestion du terrain-même. L'utilisation commune de parcelles de terrain, p.ex. pour un parking centralisé, crée de la plus-value pour tous les acteurs impliqués.

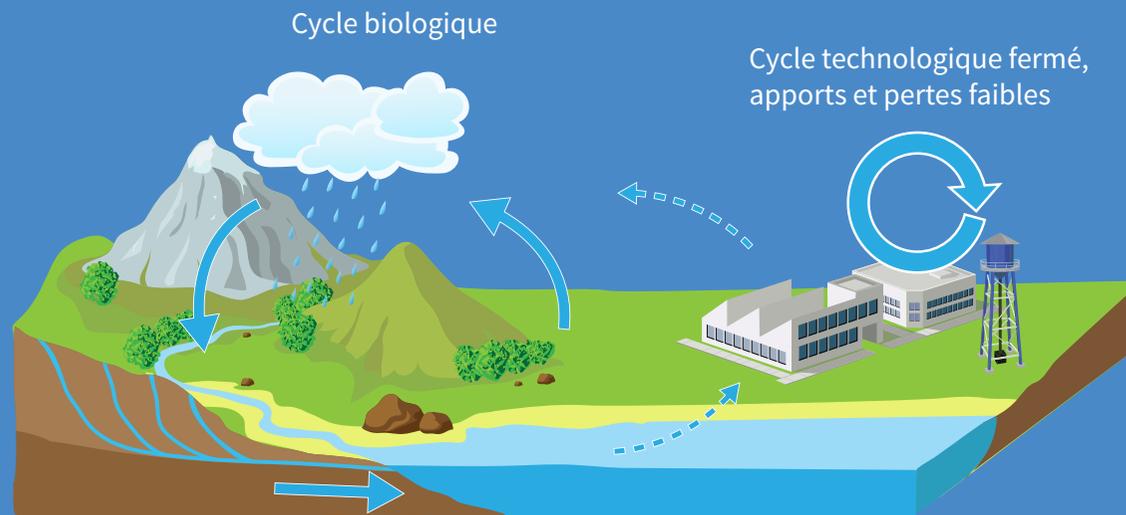
L'application de ces principes à la logique d'une ZAE a résulté dans **la méthodologie et la boîte à outils circulaires**. Les outils de cette boîte sont activés pendant les différentes phases du processus global de la conception et du développement d'une ZAE, tel que décrit dans le chapitre suivant.

LES CYCLES DE L'EAU

Une attention particulière dans le contexte précis d'une ZAE est accordée à l'eau qui est générée, utilisée et consommée sous différentes formes dans la ZAE, ce qui justifie son traitement dans une catégorie thématique à part des autres matières. L'eau peut appartenir au cycle biologique ou technologique, en fonction de son utilisation ou consommation.

Ainsi, l'eau qui transite le site par précipitation et écoulement en surface (eaux de pluie), infiltration ou émanation à partir d'une source (eaux souterraines) ou encore évapotranspiration (eaux dans biosphère) appartient au cycle biologique / naturel. Fait partie de cette catégorie en principe également l'eau potable consommée par l'homme pour son alimentation (boire, cuisiner).

Toutes les autres eaux, retirées du cycle biologique pour des besoins humains non alimentaires / industriels, tels que les eaux de procès (eau utilisée comme solvant dans un processus industriel), eaux de lavage (contaminée avec des nutriments chimiques) ou eaux de refroidissement appartiennent au cycle technologique. Idéalement cette eau est utilisée en boucle fermée ou en cascades, car elle est souvent contaminée avec des produits chimiques toxiques pour le cycle biologique. Elle ne devrait être retournée dans le cycle biologique / naturel qu'après un traitement poussé et adapté. Les pertes des eaux de refroidissement par évaporation retournent directement au cycle biologique, elles sont considérées comme une consommation.



PROCESSUS DE CO-CRÉATION CIRCULAIRE

POUR DES ZONES D'ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

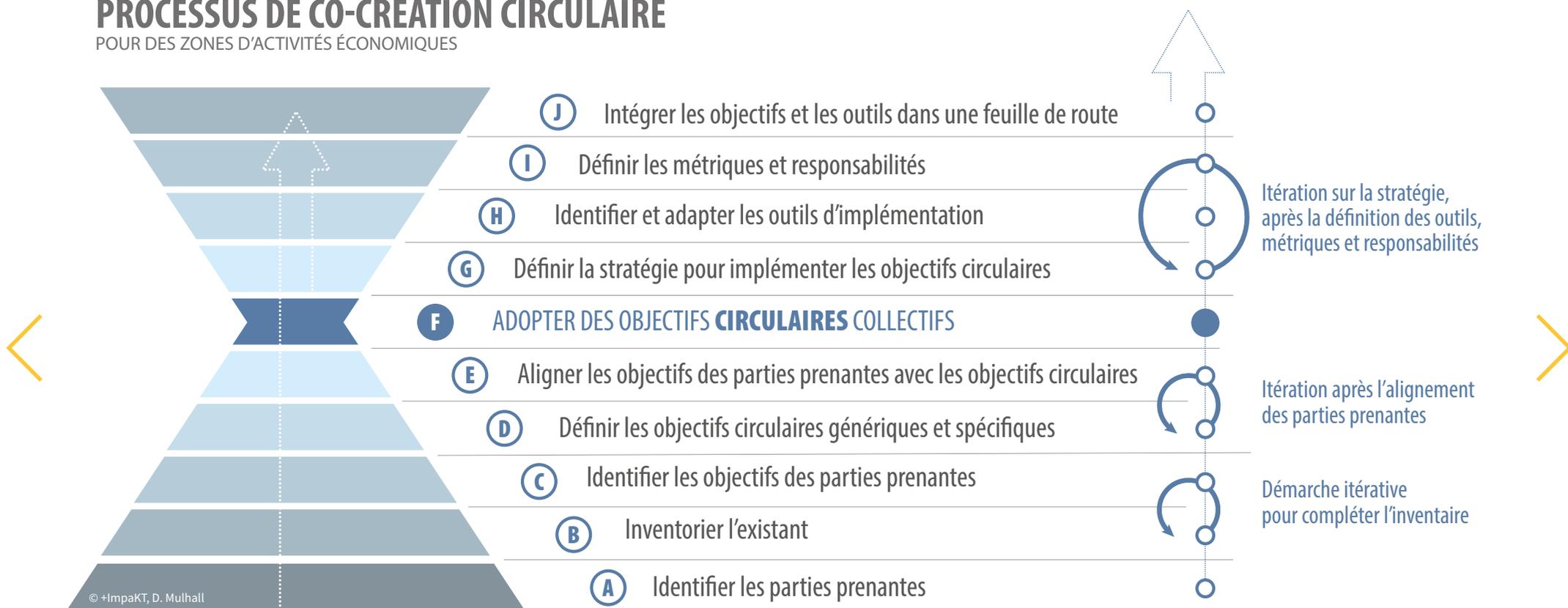


Figure 4 : Schéma illustrant les étapes principales de la méthodologie circulaire, en forme de sablier inversé. Les boucles bleues indiquent des possibilités de démarches itératives (schéma adapté de Mulhall D., Hansen K., Braungart M. (2014) Creating Buildings with Positive Impacts, Using Cradle to Cradle Inspired Quality and Value for the Circular Economy, Technical University of Munich, Delft University of Technology, Rotterdam School of Management).

2.2 LE PROCESSUS DE CO-CRÉATION CIRCULAIRE

Le processus global pour définir des objectifs circulaires et développer une feuille de route pour aménager une ZAE suivant les principes de l'économie circulaire énoncés est conçu selon la méthode du sablier inversé, illustré dans le schéma de la Figure 4¹⁰. Cette **méthodologie circulaire et adaptative** permet de développer une ZAE de manière itérative et dans une approche collaborative. Elle est déclinée en 2 phases avec en tout 10 étapes. La 1^{ère} phase (étapes A. – F.) sert à cibler et aligner les parties prenantes autour des objectifs circulaires et au développement d'une vision commune, décrite dans une charte EC. La 2^{ème} phase (points G.-J.) vise l'implémentation des principes retenus, ainsi que le monitoring continu, tout au long de la phase de développement et d'utilisation de la zone.

L'approche s'adresse plus particulièrement au **maître d'ouvrage et aux décideurs** étroitement associés. Le déroulement correct du processus demande la mise à disposition des moyens et des compétences nécessaires.

La liste ci-dessous reprend une description des étapes, qui fait référence à un certain nombre de tableaux dans la **boîte à outils** (voir encadré page suivante) :

A| Identifier les parties prenantes clés dans le processus de planification et de développement, tels que les financeurs, promoteurs, développeurs, utilisateurs, etc. selon les catégories décrites dans le chapitre précédent. Une approche participative et holistique est un élément essentiel pour créer de la valeur partagée sur toute la chaîne de valeur. Cette étape comprend également l'information et la sensibilisation des parties prenantes pour les sujets de l'EC, afin de constituer un vocabulaire et une compréhension commune.

B| Inventorier l'existant et identifier l'état d'avancement du processus. Pour une ZAE existante il s'agit d'identifier le statut de développement actuel de la zone avec son cadre légal et réglementaire (situation de droit) ainsi que le contexte géographique, environnemental et socio-économique (situation de fait). Le but est de comprendre quel sont les éléments déjà en place et inchangeables et quel est le potentiel de développement envers l'EC. Cette analyse évite des frustrations par le constat tardif que des changements ne sont plus possibles. Pour une zone existante le point d'entrée peut être p.ex. l'étape de l'extension du PAG.

C| Identifier les objectifs des parties prenantes et analyser ceux qu'ils partagent ainsi que les objectifs individuels qui sont en opposition, le cas échéant, et qui peuvent constituer des barrières au développement. Le tableau en ANNEXE I fournit une vue générique d'objectifs de parties prenantes qui ont soit un intérêt, soit une influence importante sur le processus, tel que défini dans le chapitre précédent. Les exemples sont organisés selon les catégories thématiques de la boîte à outils. Le tableau en ANNEXE I est à compléter suivant les réalités du terrain, en intégrant et/ou adaptant le cas échéant des éléments de l'inventaire. Une boucle d'aller-retour dans le graphique de la Figure 4 illustre ce processus de mise au point itérative.

D| Définir des objectifs circulaires génériques et spécifiques. Il s'agit de comparer les objectifs des parties prenantes aux dimensions qualitatives et exemples d'objectifs circulaires décrits dans le tableau 1 de la boîte à outils et d'identifier de manière plus spécifique la valeur ajoutée que les objectifs et dimensions EC apportent aux objectifs individuels des parties prenantes. Le tableau 1 complète les connaissances des parties prenantes sur l'EC acquises pendant l'étape A, par une mise en œuvre dans un contexte ZAE.

10 - La méthodologie a été développée par +ImpaKT de manière spécifique pour les ZAE. Elle est cependant basée sur des approches de Douglas Mulhall (EPEA et Facultés d'Architecture, Université technique de Delft et Université Technique de Munich), Katja Hansen (EPEA), et Michael Braungart (EPEA founder & Professeur de l'Eco-conception l'Université de Leuphana, Lüneburg, Allemagne) et leurs expériences dans les secteurs de la construction et de la production industrielle.

E| Aligner les objectifs des parties prenantes avec les objectifs circulaires.

Identifier au moins 3 objectifs partagés et 3-4 objectifs individuels des parties prenantes qui se rapprochent le plus des objectifs qualitatifs dans le tableau 1. Reformuler les objectifs des parties prenantes en termes EC en utilisant des exemples du même tableau. Mettre en évidence les impacts positifs et gains économiques pour les différentes parties à travers une analyse systémique (voir aussi tableaux ZAE-CIRC 2 et 3 pour des exemples qui illustrent l'impact positif systémique des objectifs). Ce pro-

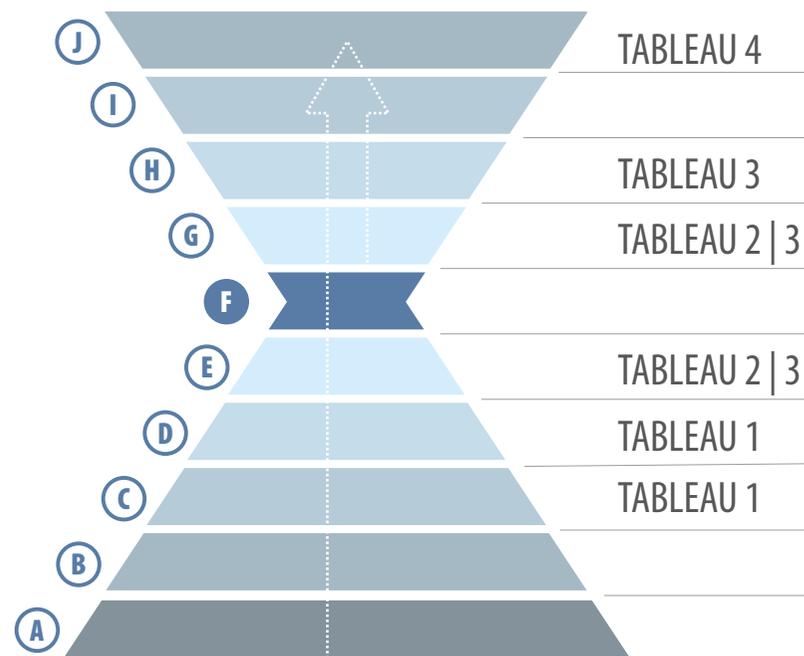
cessus est également itératif, en retournant le cas échéant vers le point D pour adapter des objectifs.

F| Adopter des objectifs circulaires collectifs ! Trouver un accord avec les parties prenantes pour que les résultats et les objectifs EC reformulés supportent leurs propres objectifs. Cet accord, qui constitue une étape clé dans le processus, est documenté par une vision commune et les objectifs collectifs sont repris dans une **charte circulaire ZAE**¹¹. Cette charte comprendra dans sa forme la plus simple une description de la vision et des

BOÎTE À OUTILS CIRCULAIRE

La boîte à outils est le résultat méthodologique principal de la présente étude. Elle est composée de 4 tableaux qui regroupent et relient les instruments développés (voir aussi CHAPITRE 3 du rapport, avec les annexes correspondantes). Ces instruments sont activés pendant les différentes étapes du processus global :

- 1| Tableau 1 : Objectifs circulaires génériques et qualitatifs, divisés en 6 thématiques « Eau, Energie, Matériaux, Mobilité, Partage et Processus », avec références et exemples - **étape C,D**
- 2| Tableau 2 : Objectifs circulaires spécifiques et mesurables et stratégies d'implémentation (moyens / outils / techniques). Possibilité de comparer avec l'existant afin d'établir la situation de départ - **étape E, G**
- 3| Tableau 3 : Analyse systémique de moyens et outils à impacts positifs repris dans la stratégie d'implémentation, illustrant leur plus-value économique et circulaire - **étape E, G, H**
- 4| Tableau 4 : Feuille de route avec objectifs circulaires quantitatifs et mesurables, responsabilités et planning pour la mise en œuvre, mécanisme de monitoring et de feedback - **étape J**



objectifs communs, des modalités de collaboration et de gouvernance ainsi qu'un cadre temporel, ceci également en fonction de l'état d'avancement du processus d'autorisation et de planification. Ces éléments seront cependant à préciser et affiner dans les étapes suivantes (notamment les étapes I et J).

G| Définir la stratégie pour implémenter les objectifs circulaires. La prochaine étape consiste à travailler avec les parties prenantes principales pour identifier des objectifs spécifiques et mesurables, telles que décrits dans le tableau 2. Une comparaison avec l'inventaire de l'existant (étape B) permet d'établir la situation de départ (« base line »), par rapport à laquelle le progrès sera défini et mesuré.

H| Identifier et adapter les outils d'implémentation. Identifier et consolider les outils d'implémentation et mesures EC du tableau 2 pour la réalisation de la stratégie, en les adaptant aux objectifs spécifiques retenus. Illustrer leur plus-value circulaire et refléter la prise en compte des intérêts des parties prenantes à l'aide du tableau 3.

I| Définir les métriques et les responsabilités et le calendrier pour mise en œuvre et le suivi des mesures CE, par rapport à la situation de départ. Les réalités du terrain demandent le cas échéant de revoir les métriques ou outils, adapter des objectifs, voire reformuler certains objectifs communs de la charte circulaire. Il importe cependant de faire des démarches itératives en petites boucles, d'une étape à l'autre, afin de ne pas remettre trop en question des accords trouvés entre parties prenantes.

J| Intégrer les objectifs et les outils dans une feuille de route, telle que présentée dans le tableau 4, pour structurer et suivre l'implémentation de la charte circulaire dans la ZAE. En plus des mesures et objectifs chiffrés, la

feuille de route définit des responsabilités et demande à chiffrer de manière indicative les coûts et les gains liés aux différentes mesures.

Les solutions de mise en œuvre développées dans le CHAPITRE 3 par rapport à certaines thématiques clés tels que l'énergie ou les produits chimiques complètent les modules mis à disposition à travers de la boîte à outils. Enfin, le calendrier de la feuille de route est à synchroniser avec le processus global de planification et d'autorisation, tel que décrit dans ce même chapitre.

La 1^{ère} phase du processus global a été testée dans le cadre de cette étude avec les parties prenantes de la ZAE Eselborn-Lentzweiler, permettant de faire des recommandations méthodologiques pour la mise en œuvre du processus global.

11 - Cette approche a été validée et mise en œuvre dans le cadre du projet Interreg IVB C2C BIZZ, voir <http://www.c2cbizz.com/tools/charter-en.pdf> pour un exemple de charte.

2.3 RECOMMANDATIONS MÉTHODOLOGIQUES

Ce chapitre résume les recommandations pour la mise en œuvre de l'économie circulaire dans le contexte de l'extension d'une zone d'activités économiques, développées et expérimentées pour le cas d'étude de la ZAE Es-elborn-Lentzweiler. Les recommandations s'appliquent en premier lieu à la méthodologie et sont donc complémentaires à la généralisation de certaines thématiques, reprises dans la synthèse en entrée du rapport.

- 1| **Intégrer les méthodes EC au plus tôt dans la planification** : Il est important pour le gestionnaire du processus d'inscrire les approches et mesures circulaires le plus tôt possible dans le processus de planification et d'autorisation, afin de pouvoir **impliquer, aligner et responsabiliser les parties prenantes** du processus (voir aussi CHAPITRE 3). Une approche holistique et concertée, impliquant des acteurs comme la Cellule de facilitation urbanisme et environnement (CFUE) auprès du Ministère de la Fonction publique et de la Réforme administrative permettra à la longue de simplifier et donc d'accélérer les procédures, sans pour autant augmenter les risques pour l'homme et l'environnement. Cette revue critique des procédures s'applique aussi bien à la législation nationale qu'aux règlements communaux.
- 2| **Identifier clairement le statut du processus de planification** : Une condition importante pour une bonne intégration des méthodes EC dans le processus de planification est de bien identifier son état d'avancement. En effet, différents acteurs et outils sont activés en fonction du point d'entrée dans le processus. Les degrés de liberté pour agir et les ef-

fets de levier des outils sont plus grands au début, avec un large éventail de parties prenantes impliquées.

- 3| **Identifier et désigner un pilote** : L'intégration des méthodes circulaires au bon moment de la planification ne peut se faire que si un pilote global du processus est identifié et outillé pour accomplir cette tâche, notamment en termes de ressources, moyens et compétences. Cette recommandation est fortement soutenue par les expériences, faites notamment en France pour l'aménagement de ZAE selon des principes de l'économie circulaire telles que présentées lors des 3^{èmes} Assises de l'Économie circulaire à Paris, les 27/28 juin 2017¹².
- 4| **Amplifier le rôle des communes par rapport aux ZAE** : les communes gagneraient en assumant un rôle plus important dans la conception et le développement de ZAE régionales et communales, de manière directe ou en renforçant les outils tels que les syndicats (p.ex. le SICLER). Les impacts des ZAE en termes de finances publiques, opportunités de créer de l'emploi, mobilisations de citoyens, collecte d'informations pertinentes pour le pacte climat etc. doivent être identifiés, développés et communiqués de manière positive et transparente. Encore maintenant, les communes héritent souvent de friches contaminées et se retrouvent ensuite confrontées à des efforts importants de décontamination, en collaboration avec les acteurs étatiques. Une implication plus importante pendant tout la phase d'utilisation de la zone permettra de réduire ces risques.

12 - Voir le retour sur les assises avec le recueil des interventions des ateliers. <http://www.assises-economie-circulaire.ademe.fr/apres-l-evenement/les-recueils-des-ateliers.htm> et plus précisément les exemples suivants :

- Ziri, une démarche territoriale d'intelligence collective, un véritable atout d'attractivité et de compétitivité, Bordeaux Technowest
- La démarche d'écologie industrielle et territoriale menée sur la zone portuaire de Strasbourg, Idée Alsace
- Comment mettre en oeuvre des synergies inter-entreprises dans une logique d'écologie industrielle et territoriale ? Chambre de Commerce et d'industrie (CCI) Nord Isère

- 5] **Encourager activement l'implication des citoyens pour améliorer les résultats du processus et réduire les coûts** (liés à des pertes de temps) : l'information et l'intégration des citoyens riverains impactés directement de manière positive (p.ex. par la création de nouvelles infrastructures et d'emplois locaux) ou négative (p.ex. par des nuisances comme le bruit, les odeurs, le trafic), soit par l'extension d'une ZAE ou une nouvelle ZAE, sont des points critiques. Le processus de création de valeur demande la mise en place d'un point d'accueil et d'information spécifique, de préférence dans la zone à développer ou à étendre, et bien accessible, afin de favoriser l'appropriation de la zone par les riverains¹³. Ce point d'accueil peut également jouer le rôle d'espace de co-création afin de tenir compte des besoins et souhaits des riverains, en vue du support d'une ZAE circulaire et partagée. Autrement le développeur risque des blocages importants, p.ex. dans le processus réglementaire de consultation du public.
- 6] **Développer un outil de collecte de données** : identifier et cartographier les principaux flux de matières, d'eau et d'énergie pour une ZAE est un processus fastidieux et complexe. Il est d'autant plus difficile si le responsable du processus se trouve face à une situation existante pour laquelle ces informations doivent être collectées à posteriori, p.ex. pour une extension de zone comme dans le présent exemple. Il importe donc de réfléchir à un répertoire central pour les principaux flux dès le début. Dans le cas d'une nouvelle zone, établir la situation de départ en fonction des réserves d'eau, de l'alimentation en énergie, de la gestion du trafic, etc. permet de mieux cadrer le potentiel de développement le plus adapté pour la zone.
- 7] **Clustering d'activités économiques similaires** : Même si une spécialisation de zones d'activités pour un secteur ou type d'entreprises n'est pour le moment pas la norme, cette option offre également des opportunités intéressantes pour étendre des concepts d'économie circulaire,

notamment le partage d'infrastructures et d'équipements liés au cœur de métier des entreprises (et non seulement aux activités annexes) ou encore une meilleure adéquation avec la situation géographique et urbanistique de la zone. Des exemples commencent à se mettre en place au Luxembourg, comme p.ex. la zone ZANO au Fridhaff, avec des clusters « automobile » ou « construction », ou encore le « Automotive Campus » à Bissen. S'il est vrai que cette spécialisation découle d'un contexte bien spécifique et quelle n'est pas toujours adaptée aux besoins de la zone ou des communes, la réflexion vaut la peine d'être menée dans chaque cas.

- 8] **Planifier la résilience du futur** : Afin de planifier et d'aménager des ZAE résilientes, il est primordial de favoriser une bonne intégration par tous les acteurs des opportunités et défis du numérique et de la troisième révolution industrielle. En effet l'EC est un pilier horizontal dans l'étude stratégique portant sur la troisième révolution industrielle au Luxembourg¹⁴, reconnaissant le caractère transverse et holistique d'une approche circulaire qui s'appuie fortement sur le développement rapide des TIC, notamment pour les volets du service et du partage. Dans une ZAE résiliente il importe de mettre en place des technologies transformatives comme l'intelligence artificielle ou la robotique. Le caractère pilote peut alors s'étendre également à certaines parties de la zone, définies comme secteur d'innovation, où de nouveaux concepts industriels et logistiques en lien avec la troisième révolution industrielle, comme la robotique ou les drones pour la logistique, peuvent être expérimentés.
- 9] **Démonstration pratique des approches ZAE circulaires à travers des projets pilotes** : L'expérimentation de la méthodologie développée avec les différentes facettes circulaires ou encore des concepts énoncés sous le point 8 - résilience du futur - dans un cas concret (ZAE Eselborn-Lentzweiler ou autre) permettra de démontrer la faisabilité d'approches alternatives au modèle linéaire de développement et de gestion

¹³ - Citons à cet exemple la « Quartierstuff » mis en place par le Fonds Kirchberg, en vue du développement de nouveaux quartiers

¹⁴ - <http://www.troisiemerevolutionindustrielle.lu/etude-strategique/>

actuel et de créer des impacts positifs tout au long de la chaîne de valeur. Les éléments de démonstration les plus importants sont (voir aussi synthèse en entrée du rapport) : planification holistique, meilleure utilisation et partage de l'espace par une densification, des parkings aériens et autres infrastructures et services mutualisés et modulaires, des espaces végétalisés connectés et multifonctionnels, des bâtiments modulaires et dé-constructibles, des concepts « produit comme service », leasing de produits chimiques, reconditionnement de machines ou matériaux. La faisabilité de certains concepts comme le leasing de produits chimiques mérite également d'être analysée à une échelle régionale voir nationale.

10. Développement d'un outil informatique : Les praticiens de l'économie circulaire reconnaissent que pour obtenir des résultats concrets sur le terrain, une approche holistique doit être adoptée, approche qui entraîne une certaine complexité. Pour transformer cette complexité en simplicité, le recours à des logiciels informatiques est la solution de choix. Un logiciel adapté peut rendre les tâches suivantes plus simples, plus rapides et donc moins coûteuses :

- Identifier et associer les parties prenantes,
- Indiquer à chaque partie prenante à quel endroit elle rentre dans le processus,
- Identifier des objectifs EC qui peuvent être alignés avec les objectifs des parties prenantes,
- Décrire les étapes critiques à franchir pour chaque partie prenante, avec des rappels automatiques,
- Connecter des propositions de valeur de manière automatisée à la boîte à outils.

Un logiciel pour le développement de zones économiques, disponible en Français et en Allemand, serait le premier à rentrer sur les marchés en Belgique, France, Allemagne, Autriche, Suisse, conférant un avantage compétitif au Luxembourg et à ses entreprises. Dans ce contexte, nous re-

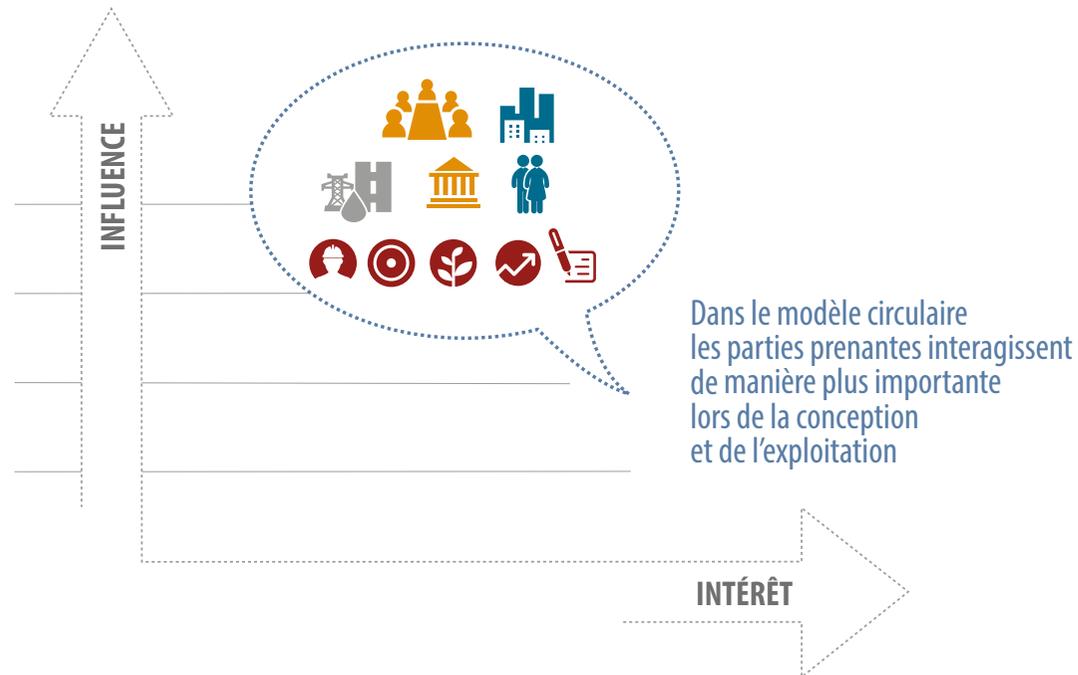
commandons que les autorités compétentes fassent développer un outil informatique de planification et de gestion de ZAE selon les principes de l'EC. Un cahier de charges pour les attributs clés du logiciel sera à définir lors de l'expérimentation future de la méthodologie circulaire.

Les recommandations 1 à 5 liées à la planification sont visualisées dans la Figure 5 par un schéma adapté des intérêts et de l'influence des parties prenantes lors de la conception et de l'exploitation d'une ZAE. Le processus de co-création circulaire associe toutes les parties prenantes ayant un intérêt dans la zone, aussi bien pendant la phase de conception que de l'exploitation et permet donc une vue plus holistique sur le cycle d'utilité complet de la zone. Les autres modifications principales consistent dans :

- L'identification et l'habilitation du pilote,
- Une influence plus importante pour les riverains, leur permettant de mieux s'approprier la ZAE,
- Une implication plus forte des autorités publiques par l'identification d'objectifs circulaires communs, générant un intérêt plus important, également pendant l'exécution,
- Une influence plus importante des entreprises sur place et fournisseurs de services pendant la conception, à travers la charte circulaire,
- La prise en compte des autres parties prenantes, qui ont une influence faible mais dont les intérêts sont repris lors de l'inventaire.

CONCEPTION & EXPLOITATION

IMPLIQUER PLUS DE PARTIES PRENANTES. EXTENSION DES SPHÈRES D'INTÉRÊT ET D'INFLUENCE POSITIVE PAR UN PROCESSUS COLLABORATIF ET HOLISTIQUE, CONNECTANT CONCEPTION ET EXPLOITATION

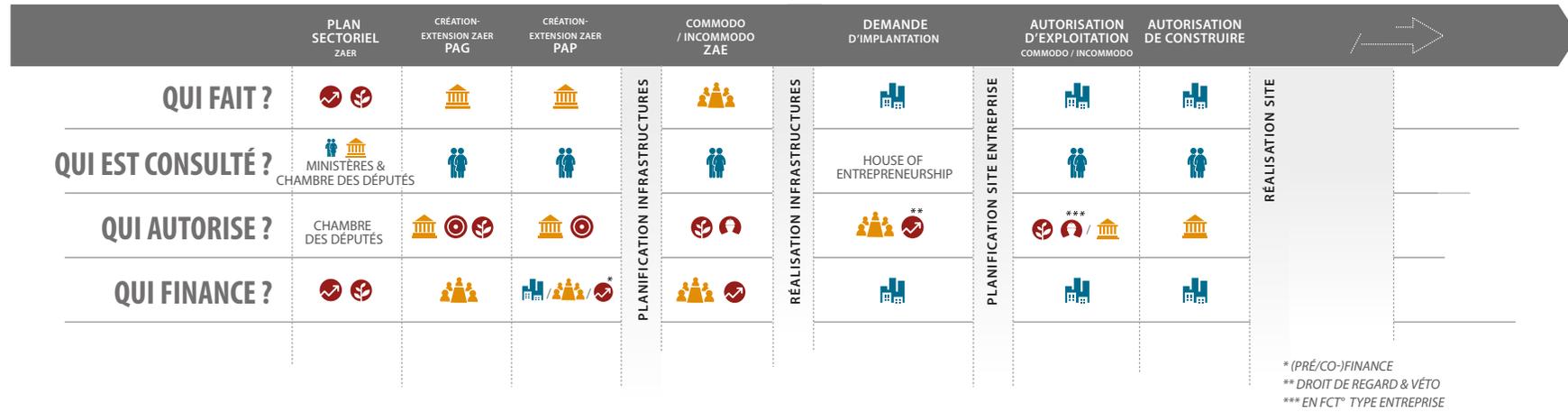


- 1 - GESTIONNAIRE DE LA ZONE
- 2 - COMMUNE
- 3 - MIN ECO
- MDDI
- MIN INT
- MIN TRAVAIL
- ADMINISTRATIONS
- 4 - PUBLIC
- 5 - ENTREPRISE
- 6,7,8 - INFRASTRUCTURES / SERVICES

Figure 5 : Représentation des parties prenantes dans un processus de planification circulaire selon le schéma adapté du « circular buy-in » de la Fondation Ellen MacArthur, connectant les phases de conception et d'exploitation.

PROCESSUS RÉGLEMENTAIRE LINÉAIRE

MIN ECO
 MDDI & ADMINISTRATIONS
 MIN INT
 MIN TRAVAIL & ADMINISTRATION
 GESTIONNAIRE DE LA ZONE
 COMMUNE
 ENTREPRISE
 PUBLIC



MODIFICATION DU PROCESSUS LINÉAIRE

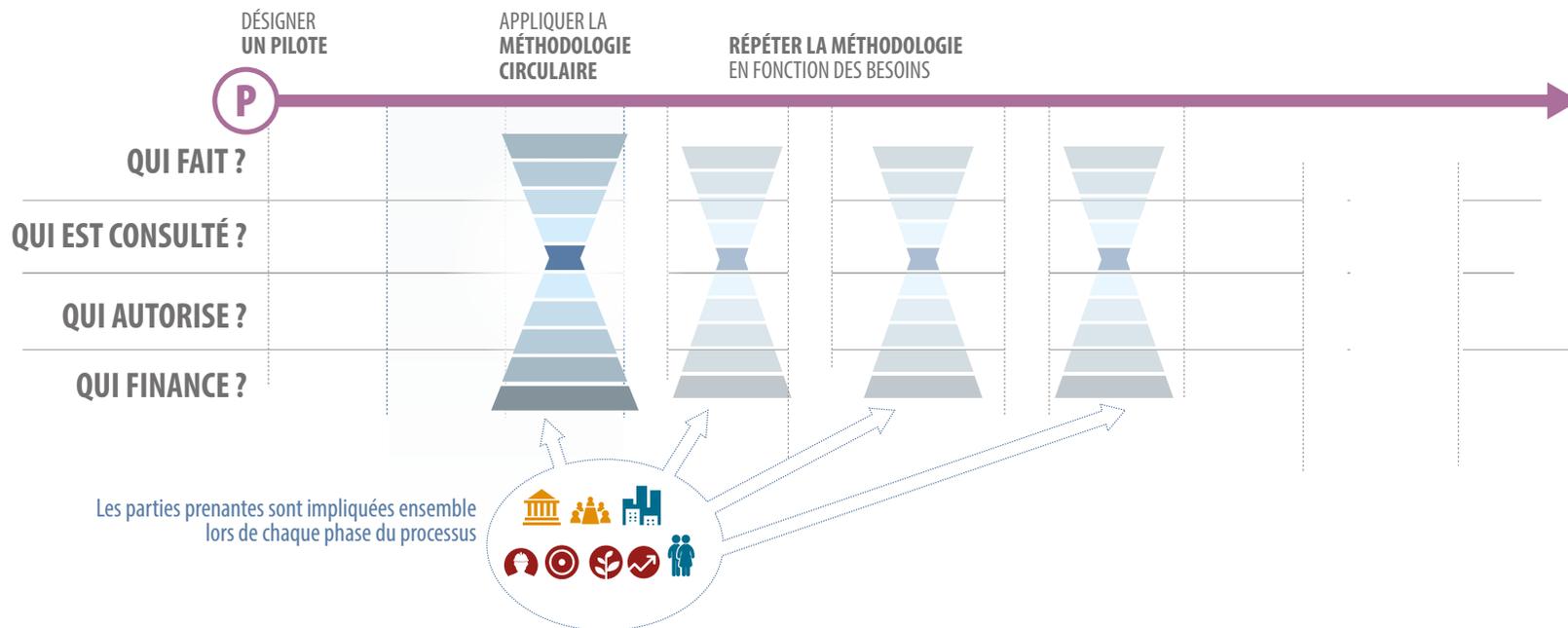


Figure 6 : Schéma illustrant l'intégration de la méthodologie circulaire ZAE-CIRC (partie inférieure) dans le processus de planification linéaire pour le cas spécifique d'une ZAE Régionale (partie supérieure), mettant en évidence les recommandations principales.

3 | OUTILS POUR L'IMPLÉMENTATION

3.1 INTRODUCTION

Ce chapitre est un inventaire d'outils et de méthodes, développés par notre équipe, pour l'implémentation des principes d'EC lors de la conception et de l'exploitation d'une ZAE.

Le sous-chapitre 3.2 décrit les éléments qui permettent d'aboutir à une feuille de route stratégique, notamment la logique et le contenu des 4 tableaux de la boîte à outils.

Le chapitre 3.3 propose une démarche pour compléter et enrichir le processus administratif et réglementaire avec la méthodologie circulaire.

Le chapitre 3.4 introduit un ensemble de solutions circulaires clés, notamment

- La conception modulaire,
- Les services autour des produits chimiques,
- Une gestion de l'énergie durable et,
- La biodiversité comme un facteur de productivité.

3.2 LA BOÎTE À OUTILS CIRCULAIRE: OBJECTIFS, ANALYSE SYSTÉMIQUE ET FEUILLE DE ROUTE

La boîte à outils circulaire, introduite dans le chapitre précédent, est le coeur de la méthodologie circulaire. Elle regroupe et relie les instruments développés au cours de cette étude et qui sont présentés dans l'ANNEXE II sous forme de 4 tableaux. Les outils sont activés pendant les différentes étapes de la méthodologie circulaire.

- Le **tableau 1** reprend la vue globale, élaborée pour un processus circulaire ZAE. En plus des dimensions « Eau, Energie, Matériaux, Mobilité et Partage », la thématique « Processus » a été intégrée, vu l'importance attribuée à cet élément par l'étude. Des objectifs qualitatifs sont définis, ainsi que la valeur ajoutée circulaire. Des références intéressantes pour le sujet sont également fournies, au niveau national et international (à travers un lien vers une page Internet dédiée).
- Le **tableau 2** décline les objectifs qualitatifs du tableau 1 en objectifs mesurables et des stratégies d'implémentation (1^{ère} et 2^{ème} colonne). La

3^{ème} colonne permet de mettre ces objectifs en relation avec la situation actuelle dans la ZAE étudiée et de guider ainsi l'établissement de la situation de départ (« base line »), comme elle met en évidence les écarts existants et efforts à fournir pour atteindre les objectifs circulaires. Les informations par rapport à la situation existante sont issues des entretiens avec les parties prenantes (industries, autres) et de la phase « diagnostic / inventaire ». Le potentiel circulaire est décliné en objectifs mesurables et exprimé en % de réalisé/à réaliser (à effort et coût raisonnable !) par rapport à la situation globale visée dans la charte. Les valeurs numériques des % sont à définir avec les parties prenantes pendant le processus de co-création.

- Le **tableau 3** reprend un certain nombre de mesures décrites dans le tableau 2, afin d'illustrer l'impact systémique positif et la plus-value des mesures dans une approche holistique. Le tableau 3 est destiné à renforcer l'argumentaire économique et tient compte des préoccupations des

différentes parties prenantes. Les mesures reprises servent d'exemples et ne sont pas toutes directement liées aux principes de l'économie circulaire, mais sont également issues des considérations plus générales de l'inventaire et de l'analyse AFOM (atouts, faiblesses, opportunités, menaces).

- Le **tableau 4** constitue une feuille de route pour la planification et la gestion de la ZAE selon les principes de l'EC, permettant une amélioration

continue et un retour positif. Le tableau se base sur la charte circulaire et définit en détail les objectifs, responsabilités, outils et mesures et le planning pour leur mise en œuvre. Il est important d'inscrire les approches et mesures circulaires au plus tôt dans le processus général de planification, afin de pouvoir aligner et responsabiliser les parties prenantes du processus au bon moment.

3.3 ADAPTATION DE L'APPROCHE CIRCULAIRE AU PROCESSUS ADMINISTRATIF

3.3.1 LE PROCESSUS DE CONCEPTION LINÉAIRE

Afin de pouvoir identifier les bons leviers pour la mise en œuvre des principes d'économie circulaire dans le contexte d'une ZAE, le cadre légal et réglementaire du processus de planification et d'autorisation a été analysé¹⁵. Cette analyse s'appuie sur les textes législatifs et réglementaires ainsi que les documents collectés et informations recueillies lors de l'étude préalable, notamment à travers l'échange avec les acteurs publics.

Rappelons que, de manière générale, une ZAE conçue et gérée selon les principes de l'économie circulaire

- Permet de mieux utiliser les ressources (comme l'espace, l'eau, l'énergie),
- Crée des impacts positifs pour l'homme et la nature, en termes de bien-être, habitats, diversité,
- Engendre des gains économiques et un partage de valeur sur toute la phase d'utilité de la zone,

- Peut, de par son aménagement et les infrastructures mises en place, être réaffectée ou déconstruite à la fin de sa phase d'utilité, sans impacts négatifs financiers ou environnementaux majeurs.

Dans ce contexte il est important de noter que toutes les étapes réglementaires veillent en 1^{er} lieu à réduire les incidences négatives sur l'homme et sur l'environnement, mais ne sont pas connectées par une vision holistique positive. Notre but est donc de proposer un complément au cadre légal qui intègre les principes de l'économie circulaire, aussi bien au niveau du processus-même de conception (plus-value par des mécanismes de co-création) qu'au niveau des résultats.

15 - Les grandes lignes de ce cadre et les textes légaux et réglementaires y relatifs sont référencés sur les sites internet indiqués ci-dessous et peuvent être consultés sur www.legilux.lu:
- <http://www.developpement-durable-infrastructures.public.lu/fr/grands-dossiers/plans-sectoriels/index.html>
- <http://www.developpement-durable-infrastructures.public.lu/fr/amenagement-territoire/index.html>
- <http://www.guichet.public.lu/entreprises/fr/index.html>

L'analyse met en évidence des facteurs critiques pour le processus de conception, notamment :

- **La qualité de la documentation** : la documentation produite en aval et/ou en amont de chaque étape encode les informations pertinentes et permet d'inclure des dispositions liées à l'économie circulaire. L'intégralité et la qualité de l'information collectée et encodée est cruciale pour un bon déroulement du processus,
- **Le respect des délais** : les délais prévus dans la réglementation pour les différentes étapes régissent la durée globale du processus, qui peut s'étendre sur des années. A ces délais se rajoutent les durées des phases de planification et d'exécution des infrastructures etc. qui sont spécifiques au projet,
- **La compréhension des rôles des acteurs impliqués** : action, consultation, décision, financement. Tous ces rôles confèrent un degré d'influence plus ou moins important sur les différentes étapes du processus. Une bonne connaissance des acteurs et de leurs rôles permet de les impliquer au bon moment.

Le schéma dans la Figure 6 (partie supérieure) illustre surtout ce troisième point, notamment l'implication des acteurs, identifiés comme clés dans le processus de planification et de réalisation d'une ZAE, et surtout l'évolution de leurs rôles tout au long du processus. Pour les étapes une distinction est faite entre les procédures administratives, p.ex. l'élaboration du plan sectoriel (PS) ou des plans d'aménagement généraux ou particuliers (PAG/PAP), et les étapes de planification et réalisation proprement dites dont la durée dépend non de délais légaux mais de l'application et des priorités/moyens des exécutants.

L'analyse permet de dresser les constats suivants :

- 1] **Processus linéaire et séquentiel** : La réalisation d'une ZAE est un processus qui implique de multiples acteurs publics et privés et dont les étapes sont soumises à, et guidées par, différentes législations et réglementations. Le processus de planification est linéaire et séquentiel mais le projet en soi évolue également dans le temps. Les mêmes thématiques sont traitées avec une granularité de plus en plus fine, mais les priorités adressées changent en fonction des objectifs des acteurs (voir aussi ANNEXE I – objectifs des parties prenantes). Les degrés de liberté pour concevoir et ajuster varient, comme des décisions prises en amont limitent les choix en aval, et le retour en arrière pour revoir éventuellement certaines décisions n'est guère possible, vu la perte de temps et les coûts importants liée à de telles boucles.
- 2] **Flux d'informations partiels** : La gestion de l'information peut être compartimentée non seulement au niveau des étapes mais également entre acteurs, avec le risque de double emploi dans la collecte ou la perte d'informations parce qu'elles ne sont peut-être pas transmises de manière complète. A ce constat s'ajoute la difficulté que la granularité ainsi que le niveau de détail des informations requises changent tout au long du processus. L'information est certes transcrite dans la documentation des différentes étapes réglementaires (p.ex. PAG ou autorisation Commodo/incommodo), mais le processus de collecte est lui aussi focalisé et se limite aux exigences réglementaires de l'étape en question. Le problème s'amplifie par la longue durée du projet et la rotation des acteurs.
- 3] **Optimisation ponctuelle des coûts** : La segmentation des étapes réglementaires, qui sont pilotées et financées par des acteurs différents, n'incite pas à considérer les coûts globaux du processus, aussi bien de planification que de réalisation et de mise en œuvre, et moins encore les frais liés à l'exploitation ou à la réaffectation. Il est logique que les acteurs en amont limitent leur intervention pour la plupart du temps au stricte

nécessaire et requis de manière légale, ce qui peut engendrer des coûts supplémentaires pour les acteurs en aval. On peut constater dans ce sens également une externalisation des coûts du processus d'un acteur vers l'autre. Citons à titre d'exemple : un processus commodo/incommdo plus complet de la zone peut réduire les coûts et le temps de réalisation pour les entreprises qui désirent s'implanter, mais l'inverse est également vrai.

- 4| **La durée du processus global** s'étend aujourd'hui normalement sur plusieurs années, ce qui implique que les utilisateurs finaux de la ZAE sont pour la plupart du temps pas connus pour une grande partie des étapes. Cette situation empêche une prise en considération plus précise des besoins des utilisateurs (p.ex. un réseau de chaleur si des excès de chaleur sont générés par les uns et peuvent être récupérés par d'autres) ou leur mise en réseau pour concertation sur leurs besoins. En conséquence, l'implantation des entreprises dans la zone et sur leurs parcelles respectives ne tient pas compte d'éventuelles synergies. Comme indiqué précédemment, une durée réduite permet une amélioration au niveau de la gestion de ces informations.
- 5| **Les étapes intermédiaires** sont tout aussi importantes, notamment la planification, la construction, le fonctionnement et la réaffectation de la zone, qui sont sous la responsabilité du SICLER ou encore la planification et construction de l'entreprise. Au cours de ces étapes interviennent une panoplie de bureaux d'étude et autres entreprises publiques et privées, p.ex. pour des infrastructures liées à l'eau, à l'énergie ou la téléphonie/Internet. Ainsi des plans sont le cas échéant mis à jour pour une partie des infrastructures, mais cette information n'est pas nécessairement partagée entre acteurs. Un autre élément très important est le fait que dans le processus classique les entreprises planifient pour optimiser leur l'implémentation sur leurs propres parcelles sans considérer l'aménagement global de la zone, rendant difficile l'activation de synergies ou de collaborations par la suite.

- 6| **Rôles, responsabilités et intérêts** : Enfin, le schéma montre clairement que les rôles et responsabilités des parties prenantes évoluent fortement au cours des différentes étapes. Ce constat peut paraître logique si une seule étape est considérée. Sur toute la durée du processus cette fragmentation augmente cependant considérablement le risque de conflits d'intérêts, comme les objectifs des parties prenantes sont peu convergents (voir aussi point 1) et comme certains intérêts ne sont pas clairement représentés (ainsi les citoyens concernés sont consultés et peuvent émettre des avis, ils ne peuvent cependant pas intervenir de manière proactive). Les réponses aux questions « Qui fait, qui est consulté, qui décide, qui (pré/co-)finance » révèlent également des intérêts cachés. Même si la décision est prise par un acteur bien défini, le fait de contribuer au financement confère à d'autres acteurs une participation indirecte importante à cette décision.

3.3.2 INTÉGRATION DE LA MÉTHODOLOGIE CIRCULAIRE DANS LE PROCESSUS ACTUEL

Fort de ces constats nous proposons un processus de conception modulaire qui s'appuie sur la réglementation existante mais applique la méthodologie circulaire, développée dans le CHAPITRE 2 aux différentes étapes, tout en respectant un certain nombre de recommandations clés : **la méthodologie circulaire prévoit une implication proactive des parties prenantes et une gestion continue de l'information par un pilote désigné du processus.**

La partie inférieure du schéma dans la Figure 6 illustre l'intégration de la méthodologie circulaire dans le processus de planification global d'une ZAE.

La valeur ajoutée pour une activation au niveau des étapes réglementaires existantes (p.ex. étape PAG, ou autorisation Commodo/incommodo pour la ZAE) est un processus de co-création, qui permet de mieux impliquer et aligner les parties prenantes autour des objectifs circulaires pour chaque étape. Les résultats en termes d'inventaire, situation de départ, objectifs fixés et feuille de route dépendent de l'étape en question. Il est important de noter que ces documents ne se substituent bien sûr pas à la documentation requise par la loi mais la complètent, dans le but de produire une meilleure qualité. Les délais prévus dans les différents lois et réglementations ne sont pas changés, mais on peut s'attendre de recevoir moins de réclamations et d'avoir des processus administratifs plus fluides, dû à une bonne information et implication de toutes les parties prenantes, y inclus les acteurs étatiques et communaux.

Une possibilité alternative constitue l'approche plus transverse, enjambant deux ou plusieurs étapes du processus réglementaire ce qui permettrait d'anticiper une participation plus vaste de parties prenantes, qui ne seraient que consultées plus tard dans le processus global. Cette approche demande d'investir plus d'efforts dans la collecte de l'information plus tôt dans le processus (inventaire plus complet), informations dont pourront profiter les acteurs en aval. Les délais légaux restent également inchangés, mais un gain de temps peut être fait grâce à des étapes qui se chevauchent et sont plus fluides. Des boucles d'aller-retour sont possibles entre étapes, afin de compléter ou revoir des mesures et objectifs circulaires. Rappelons que des avancées itératives sont également prévues dans le schéma du sablier inversé.

Les gains majeurs en qualité et rapidité sont à attendre dans les deux cas par une **meilleure gestion des flux d'information et une implication plus importante des parties prenantes** et de leurs intérêts, indépendamment de leur rôle dans le processus réglementaire. Enfin cette approche ne peut être réalisée de manière conséquente et efficace que si une des recommandations générales clé est respectée : la **désignation, la responsabilisation et l'outillage d'un pilote du processus**. Un pilotage unique permettra d'accélérer également les étapes non reprises dans le schéma, notamment les phases de planification et de construction, aussi bien au niveau de la zone qu'au niveau des entreprises. L'implication du pilote sur toute la phase d'utilité de la zone sera, enfin, garant d'une pérennité dans la bonne gestion de l'information et des parties prenantes.

3.3.3 RECOMMANDATIONS

Une réduction substantielle de la durée du processus global, tout en maintenant la qualité du processus et des résultats, aurait des gains non-négligeables à différents niveaux :

- Gains économiques à travers une opérationnalisation plus rapide de la ZAE, et donc une valorisation d'espaces souvent sous-utilisés (terrains qui restent vagues jusqu'à l'implémentation d'une entreprise),
- Meilleure visibilité sur les activités à venir et effet de promotion : un processus plus court permet en effet d'intéresser et d'impliquer des clients potentiels tôt dans le processus et de les fidéliser, et de mieux tenir compte de leurs besoins,
- Une meilleure prise en compte des intérêts de toutes les parties prenantes impliquées et donc un gain de temps et une plus grande satisfaction pour tous.

Des questions persistent bien sûr par rapport à la faisabilité et l'efficacité de la démarche proposée. Au cours des échanges avec la Cellule de facilitation urbanisme et environnement (CFUE), ces questions ont été abordées et la CFUE propose son soutien à deux niveaux, dans le but d'y répondre :

1| Stratégie et processus

- Assistance concernant la législation en vigueur, collecte des problématiques récurrentes et proposition de modifications à discuter avec les ministères de tutelle respectifs,
- Evaluation de la faisabilité de certaines propositions dans le cadre de la législation en vigueur,
- Lien avec les demandes issues du monde de l'entreprise et de l'entrepreneuriat via le rôle de partenaire de la CFUE du House of Entrepreneurship - One Stop Shop / Guichet pour entreprises,
- Participation aux plateformes thématiques 'Economie circulaire' et 'Haut-Comité pour l'Industrie' dans la suite de l'étude stratégique de la troisième révolution industrielle.

2| Projets-pilote en matière de développement de zones d'activités

- Organisation, assistance et modération / participation à des ateliers de co-création,
- Facilitation des démarches administratives,
- Mobilisation des acteurs étatiques à associer au projet.

Cette proposition se recoupe parfaitement avec les besoins articulés pour une expérimentation et mise en œuvre de la méthodologie au niveau national.

Exemple d'une toiture verte sur un bâtiment industriel



3.4 EXEMPLES DE SOLUTIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA CIRCULARITÉ DANS UNE ZAE

3.4.1 INTRODUCTION

Au cours de l'étude quatre thématiques avec une valeur ajoutée circulaire, déjà mentionnées dans les stratégies et moyens d'implémentation de la boîte à outils, ont été approfondies, parce qu'elles sont d'un intérêt spécifique pour le Luxembourg. Les thématiques développées et arrangées selon les priorités de l'approche « Cradle to Cradle » (C2C)¹⁶, un des piliers méthodologiques de l'EC, sont les suivantes :

- 1| La conception modulaire,
- 2| Un concept de service pour produits chimiques (“chemical leasing”),

3| L'énergie durable, utilisée de manière effective, avec comme sous-thématiques

- L'énergie au niveau du bâtiment,
- Le potentiel de la géothermie,

4| La biodiversité pour l'amélioration de la productivité et plus particulièrement la végétalisation appliquée aux bâtiments industriels.

Les résultats et recommandations principales de ces analyses sont résumés dans les chapitres suivants, les documents complets sont fournis dans les ANNEXES 3.1 à 3.3.

3.4.2 LA CONCEPTION MODULAIRE

La conception modulaire, appliquée à une ZAE, permet de créer des espaces, infrastructures, bâtiments, systèmes, composants et produits qui peuvent être assemblés et désassemblés facilement, sont multifonctionnels, accessibles pour la réparation et composés de matériaux définis.

La modularité n'est pas un concept nouveau, mais appliquée selon la définition ci-dessus, elle est un outil important pour activer les bénéfices de l'EC dans une ZAE. La conception modulaire améliore la qualité et performance économique de la zone, en maintenant une valeur résiduelle élevée des composants et matériaux et en facilitant leur réutilisation ou réintégration dans les cycles technologique ou biologique. En plus elle permet une adaptation rapide aux innovations dans la fabrication et les équipements, voire l'in-

frastructure. Elle est donc transverse aux différentes étapes du cycle d'utilité de la zone et fournit une plus-value à chaque étape.

Les convoyeurs ou systèmes de transport sont de bons exemples pour illustrer les avantages de la conception modulaire, comme ils sont largement utilisés pour la logistique dans les sites industriels. Un exemple de modularité est le système de transport « Blueveyor » développé par l'entreprise Vanderlande, illustré dans la Figure 7. Par des substitutions de matériaux et la refonte complète du système, la consommation d'énergie a été réduite de plus de 50 % et l'utilisation des matériaux jusqu'à 70 %. Ainsi la substitution de la ceinture en PVC par du polyester résulte dans moins de tension sur les rouleaux, avec une réduction correspondante de la consommation d'énergie. L'énergie représente le coût d'exploitation le plus important pour les utilisateurs de systèmes de transport.

16 - <http://www.epeaparis.fr/cradle-to-cradle/principes/>

17 - <http://www.vertissimmo.com/blog/construction-modulaire-10-avantages-cles-4816>

Cet exemple illustre bien la valeur ajoutée économique résiduelle et opérationnelle de la conception modulaire. D'autres avantages, cités également par des acteurs du monde de la constructions¹⁷, sont :

- La construction à l'aide de modules préfabriqués et livrés sur place, un concept bien établi dans le secteur de la construction, permet d'accélérer considérablement la construction et de la rendre moins dépendante des intempéries,
- La conception modulaire réduit le gaspillage de ressources dans la fabrication, l'assemblage et l'entretien, grâce à une certaine standardisation de leur utilisation,
- Un désassemblage modulaire favorise la récupération de la valeur des composants et des matériaux par une extraction plus facile et rend les intervenants de la chaîne de valeur plus résilients face à la volatilité des prix du marché,
- Une conception modulaire visant la multifonctionnalité non seulement des produits mais également des composants requiert moins d'outils et facilite l'assemblage, comme p.ex. des connecteurs qui peuvent être utilisés pour différentes fonctions,

- Une bonne accessibilité facilite l'entretien et le nettoyage et permet une extraction rapide des pièces ou composants pour réparation, entretien, réutilisation, reconditionnement ou recyclage.
- Enfin, la qualité de recyclage et donc la valeur des matières et composants sont améliorées lorsque leur composition chimique est connue en détail, permettant d'éliminer les risques de présence de substances dangereuses.

Ces concepts modulaires peuvent être implémentés dans des bases de données et logiciels de conception, ajoutant encore l'avantage des TIC et techniques d'analyse de données à la liste de plus-value, notamment par une reconnaissance et correction automatique d'erreurs à travers tous les modules similaires, la transparence et l'efficacité pour les échanges entre acteurs de la chaîne de valeur ou encore une localisation rapide et correcte de composants et matériaux.

THE USEFULNESS OF SIMPLICITY...



BLUEVEYOR: MADE OF THE RIGHT MATERIALS

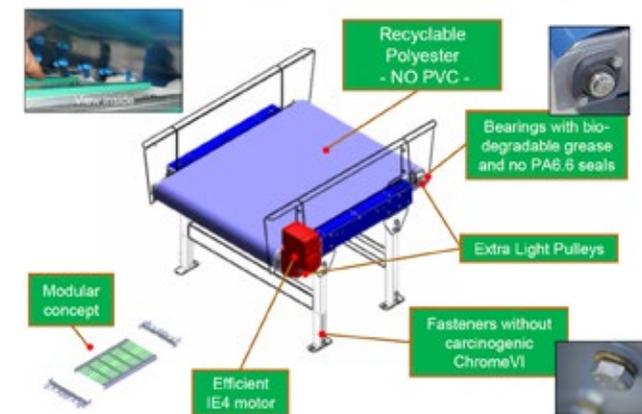


Figure 7 : Illustration du principe de conception modulaire pour un système de transport industriel (Source : Vanderlande).

3.4.3 UN CONCEPT DE SERVICE POUR PRODUITS CHIMIQUES (“CHEMICAL LEASING”)

INTRODUCTION :

Le concept du leasing de produits chimiques (« chemical leasing » ou encore « take back chemicals - TaBaChem », terme employé par le partenaire Royal HaskoningDHV et qui met l’accent sur la reprise des produits chimiques et donc la fermeture de la boucle) se base sur une approche « produit comme service ». Le schéma dans le Figure 8 illustre les différences majeures entre un modèle commercial classique, basé sur une vente/achat de produits chimiques et un modèle TaBaChem, basé sur la mise à disposition d’un service à l’aide du produit chimique.

Dans le schéma classique le chiffre d’affaires et donc le bénéfice du vendeur sont liés à la quantité ou au volume de produit vendu (€/kg). Vu que l’acheteur vise à réduire ses dépenses au minimum, les motivations du vendeur et du client sont donc opposées. Le modèle « TaBaChem » vise à aligner les intérêts des deux parties. Le fait de vendre un service (€/résultat, p.ex. - €/m² pour la peinture de surfaces) incite les deux parties à utiliser les produits chimiques de manière la plus efficace et donc à utiliser le moins de quantité de produit possible pour une fonction précise.

De manière pratique, le concept signifie que le fournisseur du produit chimique est impliqué également dans l’application du produit auprès du client et reprend le produit utilisé pour le régénérer et le réintroduire dans la boucle, donc *in fine* de le faire tourner comme nutriment technique dans le cycle technologique de l’économie circulaire. Le modèle favorise une collaboration étroite entre les parties (en associant p.ex. encore le fournisseur des machines pour l’application du produit) et le partage de la responsabilité, du savoir-faire et des bénéfices sur toute la chaîne de valeur. Il introduit une

motivation positive pour innover ce qui résulte dans l’utilisation de moins de ressources et la réduction des déchets, donc gains économiques et environnementaux¹⁸.

Le concept TaBaChem est également aligné avec les objectifs de la réglementation européenne REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) qui requiert un devoir de vigilance des industries (producteurs, importateurs de produits chimiques) et une collaboration le long de la chaîne de valeur pour le partage des informations, des coûts et la gestion commune des risques. Ainsi la substitution de substances extrêmement préoccupantes (Substances of Very High Concern - SVHC) est favorisée par le partage des risques dans le modèle TaBaChem.

18 - Des concepts de gestion de produits chimiques (Chemical Management Services - CMS) sont d’application dans un nombre de secteurs depuis les années 1990, notamment dans le secteur de l’automobile. Les vendeurs de produits chimiques dans le contexte des CMS offrent également du conseil pour l’utilisation des produits et la gestion du « cycle de vie », mais ne reprennent pas nécessairement les produits (voir aussi <http://www.chemicalstrategies.org/>). La motivation primaire est de mieux gérer les coûts liés à l’exploitation des produits chimiques.

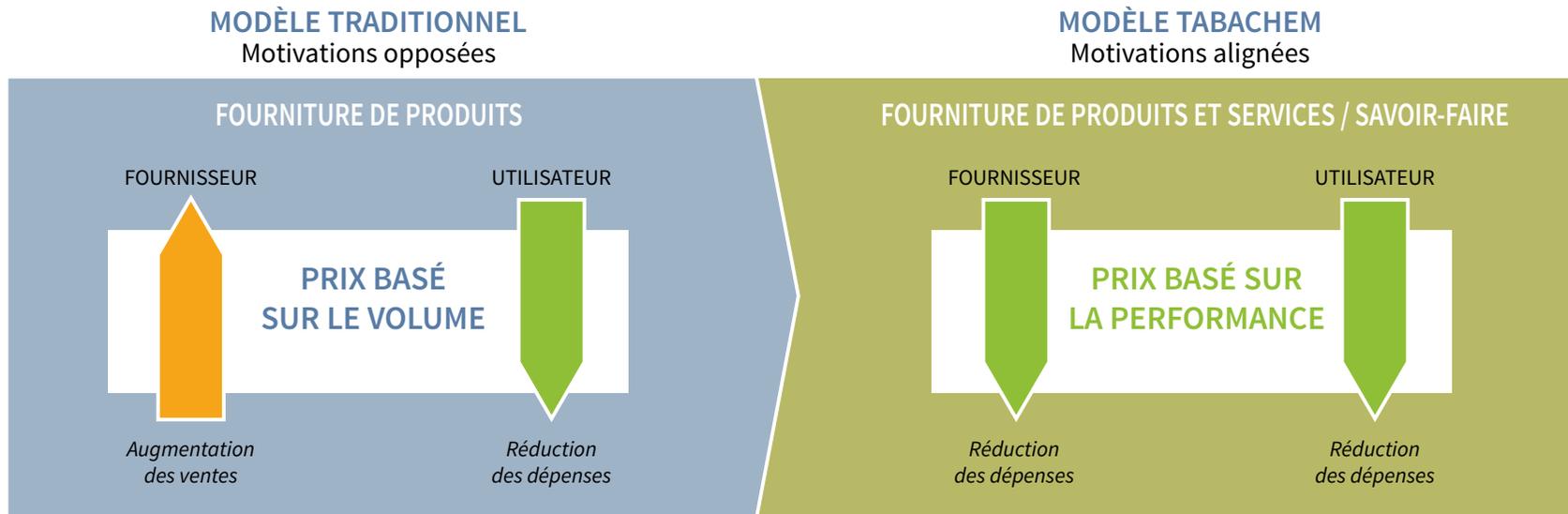


Figure 8 : Schéma illustrant une gestion traditionnelle de produits chimiques et le modèle de reprise de produits chimiques (TaBaChem) (Source: Royal HaskoningDHV).

RESSOURCES :

Depuis le début des années 2000 l'UNIDO (United Nations Industrial Development Organisation) et différents pays européens, notamment l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse, ont promu le modèle du leasing chimique comme moyen pour une industrie chimique plus durable. L'UNIDO met notamment à disposition une boîte à outils avec explication du concept et recommandations pour entreprises et décideurs politiques ainsi que des cas d'études dans différents secteurs¹⁹.

L'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a publié un guide qui analyse le cadre légal, économique et fiscal du leasing de

produits chimiques et qui fait des recommandations pour une plus grande pénétration et le déploiement du concept²⁰.

L'EIT « Raw Materials » (EIT - European Institute of Innovation and Technology), un consortium dans le secteur des matières premières, financé par la Commission Européenne, met également à disposition un outil pour développer des modèles circulaires de gestion autour du modèle de reprise des produits chimiques TaBaChem²¹.

19 - <http://www.chemicalleasing-toolkit.org>

20 - OECD (2017), Economic Features of Chemical Leasing, Series on Risk Management No. 37, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.
<https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/The%20Economic%20Features%20of%20Chemical%20Leasing.pdf>

21 - <http://www.circulator.eu/browse-the-cases/detail/take-back-chemicals>

RÉSULTATS :

Dans le cadre de l'étude, des entretiens structurés ont été menés avec les entreprises implantées dans la zone, afin de déterminer les quantités et types de produits chimiques utilisés et le potentiel de mise en place d'un concept TaBaChem. Le concept est, en effet, surtout intéressant pour des produits chimiques d'une certaine valeur qui ne sont pas intégrés dans le produit final, comme des solvants ou des catalyseurs, et dont les quantités employées dépassent les 100 tonnes/an (voir les cas d'études indiquées dans l'ANNEXE III.1 – produits chimiques). En plus des informations fournies par les entreprises, p.ex. le rapport de gestion des déchets ou le concept de gestion des solvants, les autorisations d'exploitation (Commodo/incommodo) ont été analysées.

Il s'est avéré rapidement que les secteurs industriels implantés dans la ZAE de Eselborn-Lentzweiler n'utilisent pas assez de produits chimiques pour pouvoir mettre en place un concept TaBaChem à grande échelle. Par contre différents scénarios, résumés dans l'ANNEXE III.1 ont été conçus, pour les tester dans une prochaine étape avec des candidats potentiels au Luxembourg.

RECOMMANDATIONS :

- 1| Vue les quantités importantes de produits chimiques nécessaires pour mettre en place le concept TaBaChem, et notamment la logistique de reprise et de régénération des produits, il est proposé d'approcher les grandes entreprises chimiques implantées au Luxembourg avec une proposition d'expérimentation, ou bien d'établir des clusters d'entreprises plus petites, utilisant les mêmes produits. Il importe cependant de noter que le partage avancé d'informations entre fournisseurs et clients nécessite un climat de confiance et de confidentialité qui est plus difficile à mettre en place entre plusieurs acteurs, surtout si le produit chimique fait partie du cœur de métier de l'entreprise. L'implication d'une partie tierce indépendante pour la gestion de l'information peut s'avérer utile dans un tel cas.
- 2| Pour cette deuxième possibilité, il pourrait s'avérer intéressant d'associer également une entreprise impliquée dans la collecte et la gestion des déchets dangereux actuellement, comme p.ex. la SuperDrecksKëscht (SDK), qui dispose de base de données extensives sur les qualités et quantités de déchets générés. En effet, la SDK a communiqué au cours de l'étude des exemples de mise en place de concepts de recyclage de produits chimiques au Luxembourg, notamment pour des détergents et des solvants. Le traitement se fait actuellement encore hors du Luxembourg, faute de masse critique suffisante, et le transport des « déchets » à régénérer est soumis à la législation stricte en matière au niveau européen. Un vrai concept de TaBaChem pour lequel le propriétaire de la substance chimique ne change pas pourrait faciliter les démarches administratives.
- 3| Une expérimentation du concept dans le contexte d'une nouvelle ZAE est intéressante, en associant directement le fournisseur et/ou collecteur des produits chimiques lors de la conception, p.ex. pour des espaces centralisés de collecte, voire de traitement, avec des bénéfices d'économie circulaire multiples : compétences accrues pour la gestion des risques, moins de manipulations et de transports dangereux, meilleure utilisation / partage de l'espace, intégration d'un facteur d'innovation dans la zone etc. Un tel projet pilote pourrait être mené avec d'autres acteurs au niveau Benelux, pour analyser les conséquences pour la législation/réglementation de gestion et de transport de produits chimiques et de déchets, également au niveau transfrontalier. L'implication du Helpdesk REACH/CLP du « Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) » pour les aspects de gestion des informations sur les produits chimiques serait un atout.
- 4| Enfin, une analogie intéressante peut être faite avec la gestion de l'eau, utilisée dans le cycle technologique, p.ex. comme solvant. Les fournisseurs de l'eau peuvent s'associer avec des entreprises de traitement pour proposer l'utilisation de l'eau comme un service, mettant ainsi en valeur cette ressource précieuse.

3.4.4 L'ÉNERGIE DURABLE, UTILISÉE DE MANIÈRE EFFECTIVE

3.4.4.1 L'énergie au niveau du bâtiment

INTRODUCTION :

Un sujet qui illustre bien la gestion des coûts globaux de propriété (« total cost of ownership ») est l'énergie. Les choix faits p.ex. lors de la construction d'un hall industriel ont des répercussions sur la facture énergétique tout au long du cycle d'utilité du hall. D'autres coûts indirects peuvent s'ajouter à cette facture comme p.ex. une productivité réduite dû à des conditions d'éclairage non-adaptées. Dans ce contexte une méthode holistique de gestion efficiente de l'énergie au niveau d'un hall industriel a été adoptée pour un cas d'étude exemplaire.

La méthode générique « Energie » déployée se base sur 5 étapes à traiter de manière séquentielle lors de la conception d'un bâtiment dans un ZAE:

- 1| Demande et comportement des utilisateurs,
- 2| Réduction des besoins en énergie,
- 3| Application de sources d'énergie durables,
- 4| Exploration de pistes d'échange et de stockage d'énergie,
- 5| Utilisation efficiente des énergies fossiles pour les besoins restants.

RÉSULTATS ET RECOMMANDATIONS :

La méthodologie a été appliquée au cas concret de l'entreprise AMOVA, qui a mis à disposition des plans et données énergétiques d'un hall industriel type. Une modèle énergétique simple a permis de simuler les effets des mesures proposées sur les besoins en chauffage, climatisation et électricité et d'illustrer ainsi le potentiel d'efficience énergétique pour les différentes étapes de la méthodologie. Les résultats détaillés de cette analyse ne sont pas reproduits ici comme ils se basent en partie sur des données confidentielles appartenant à AMOVA.

Les simulations montrent cependant que le potentiel le plus important, avec un retour sur investissement rapide, réside dans une bonne planification de la ventilation et de la recirculation d'air, en fonction des processus appliqués, de la chaleur dégagée etc. Une option intéressante pour la génération d'énergies renouvelables est l'installation de panneaux photovoltaïques (PV) sur les toits et/ou la façade, avec une période d'amortissement cependant beaucoup plus importante. L'installation de panneaux PV sur les toits des bâtiments dans l'extension de la ZAE Eselborn-Lentzweiler (hypothèses: 130'000 m² de toiture, panneaux à rendement classique, inclinés 15° Sud) pourrait ainsi générer quelques 12,7 GWh d'électricité par an, pour une puissance installée de 13,5 MWp. Rappelons que la société Faymonville dispose actuellement déjà d'une installation de 1 MWp sur l'ancien hall. Une option intéressante pour mettre en place ces panneaux est la collaboration avec des investisseurs locaux, dont les habitants des villages aux alentours .

Pour la mise en œuvre des autres étapes, il est recommandé de chercher la collaboration avec des fournisseurs et gestionnaires d'énergie comme ENOVOS, qui sont tenus de par la directive européenne sur l'efficience énergétique à initier des économies d'énergie auprès de leurs clients. En termes de formations (Point 1 de la méthode générique « Energie » – comportement des utilisateurs), Enovos opère p.ex. la « Learning Factory » à Foetz . Lors des entretiens structurés, l'entreprise a également déclaré son intérêt à réaliser des projets pilotes en réseaux intelligents, aussi bien pour l'électricité que pour la chaleur (Point 4 de la méthode générique « Energie » – échange et stockage d'énergie), qui offrent un potentiel particulièrement intéressant pour des grands consommateurs comme les industries.

D'autres pistes à explorer au niveau de l'éclairage (Points 2 et 5 de la méthode générique « Energie ») sont les concepts « lumière comme service », offerts également par des entreprises luxembourgeoises comme General-Technic (informations mises à disposition par M. Tom Kieffer, associé-gérant auprès de General-Technic) ou encore une réduction des éclairages extérieurs, avec

des bénéfices importants pour l'homme et la nature (cf. projet Interreg Europe Night Light – coordonné par le Naturpark Our).

3.4.4.2 La géothermie

INTRODUCTION :

La géothermie est une source d'énergie renouvelable à faible densité, avec un potentiel cependant important de mise à disposition de chaleur pour différentes applications, ceci en fonction de la géologie locale. Différentes techniques de géothermie avec des profils de température croissants ont été analysées dans l'étude parce que considérées comme intéressantes dans le présent contexte :

- I| La géothermie peu profonde à basse température (0-300 m), avec stockage saisonnier de chaleur. Les températures sont faibles, de l'ordre de grandeur de 15-25 °C, et une pompe à chaleur est nécessaire pour l'exploitation. L'alimentation en chaleur se fait soit par apports solaires (en surface), soit par injection en été et stockage. On peut distinguer des systèmes ouverts et fermés,
- II| La géothermie hydrothermale profonde (1-4 km), extrayant la chaleur naturellement présente dans les rocs à travers les eaux des nappes phréatiques et générant des températures jusqu'à 150 °C,
- III| La géothermie très profonde stimulée (EGS – Enhanced Geothermal Systems), opérant à des profondeurs de 4-6 km et plus, avec l'injection d'eau sous haute pression et un fracturation partielle des rocs. Des températures > 200 °C peuvent être générées par ces systèmes.

La chaleur produite peut être utilisée dans le présent contexte pour chauffer des bâtiments et halls industriels avec de l'eau chaude ou encore alimenter en énergie certains processus industriels, en fonction de la température (eau chaude ou vapeur). Dans l'ANNEXE III.2 une méthodologie en 4 étapes est proposée pour évaluer le potentiel de géothermie dans un contexte général et la méthode est appliquée au site de la ZAE Eselborn-Lentzweiler.

RÉSULTATS :

L'étude montre que les systèmes géothermiques de types I et II n'ont pas de potentiel sur le site de la ZAE Eselborn-Lentzweiler, à cause des conditions géologiques défavorables (absences d'aquifères plus profonds, couches érosives à plus faible profondeur et rendements trop faibles pour températures basses). Ces résultats sont confirmés par des échanges avec le Service Géologique (Robert Colbach, Chargé d'études dirigeant, géologue) et l'expert Dr. Tom Schintgen du EIFER - European Institute for Energy Research, D-Karlsruhe, qui a réalisé une thèse doctorale sur l'exploitation du potentiel géothermique au Luxembourg, travail le plus complet réalisé jusqu'à présent dans la matière .

Un système géothermique stimulé du type III par contre pourrait générer une température entre 115-155 °C à partir d'une profondeur de 5-6 km, avec une capacité thermique aux alentours de 20 MWth, pouvant produire jusqu'à 150 GWh d'énergie par an. Une conversion en électricité est également possible, ce qui constitue un potentiel intéressant pour différentes activités économiques. L'analyse économique laisse entrevoir cependant des coûts d'investissement entre 40-60 Mio€ pour ce type d'installation, avec une période d'amortissement de plusieurs décennies et des incertitudes assez importantes par rapport aux résultats, à cause des connaissances limitées sur la géologie à cette profondeur, faute de forages de sondage.

RECOMMANDATIONS :

Les recommandations pour le volet de géothermie et la gestion de la chaleur dans une ZAE de manière plus générale sont les suivantes :

- 1| D'un point de vue économique il semble beaucoup plus intéressant d'investiguer dans le cas précis de la ZAE Eselborn-Lentzweiler le potentiel de récupération de chaleur des deux entreprises de recyclage d'Aluminium (HydroAluminium et Alcuilux), qui opèrent plusieurs fours de fonte d'aluminium à des températures d'environ 700 °C. Les températures exploitables sont donc bien supérieures à ce que peut fournir la géothermie, la quantité d'énergie potentiellement disponible doit cependant être évaluée plus en détail dans le cadre d'une analyse de faisabilité.
- 2| Un réseau de chaleur permettrait d'alimenter des nouvelles implantations avec cette chaleur, mais pourrait intégrer également le contexte de l'existant, comme la centrale de tri génération en planification pour Tarkett et qui sera exploitée par ENGIE. Le LIST a développé des outils pour la simulation et l'optimisation multi-critère de réseaux de chaleur complexes, prenant également en compte la dimension économique par des calculs de retour-sur-investissement²². Une étude pour une optimisation intégrée de la gestion de la chaleur pourrait fournir plus d'informations à ce sujet.
- 3| L'inclinaison des couches géologiques du Nord du Luxembourg vers le Sud fait que l'exploitation de systèmes hydrothermaux devient possible de manière plus rentable au Sud du pays, notamment dans la région de la Minett, et notre recommandation est de continuer l'investigation de ce potentiel au niveau national, notamment dans le contexte du Plan sectoriel ZAE. Des données plus précises sur les sources et besoins en chaleur au Luxembourg ont été collectés par le LIST, p.ex. dans le cadre du projet EU FEDER « Heatmap »²³. Actuellement

des mesures de protection des nappes phréatiques restrictives en vue de la production d'eau potable empêchent une exploitation large de ce potentiel. Une délimitation plus précise de ces zones est cependant en cours (complétion attendue pour 2018/2019) et une approche plus flexible pourrait être envisagée pour certaines zones, si p.ex. le Gré de Luxembourg est en surface (information fournie par Tom Schaul, Hydrogéologue / Chef de division adjoint de la Division des eaux souterraines et des eaux potables de l'Administration de la Gestion de l'Eau). Au Sud (Minett, région Dudelange, Esch-sur-Alzette) des études pilotes doivent montrer si une perforation est possible, en fonction de la perméabilité et de la capacité des couches géologiques à stocker de l'eau.

3.4.5 LA BIODIVERSITÉ POUR L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ

INTRODUCTION :

La végétalisation conséquente d'infrastructures et plus particulièrement des bâtiments et halls pourrait offrir une panoplie d'avantages et de plus-value circulaire pour toutes les parties prenantes, dont :

- Amélioration de la qualité de l'air,
- Esthétique accrue, intégration dans le paysage et amélioration du bien-être des habitants/employés,
- Régulation de la température ambiante (micro-climat local) et interne du bâtiment par isolation et ventilation,
- Isolation acoustique du bâtiment,
- Protection du bâtiment contre les conditions météorologiques et les rayonnements ultraviolets,
- Habitat pour la faune et la flore, p.ex. insectes,

22 - Bertrand A., Waste heat valorisation at multiple scales: focus on in-building waste water and regional heat recovery, PhD thesis, EPFL, 2017.

23 - <http://www.heatmap.tudor.lu/>

- Possibilité de combiner avec des vergers et potagers communs,
- Meilleur rendement de panneaux PV installés sur les surfaces et façades vertes, grâce à l'effet de refroidissement par évapotranspiration.

Une argumentation approfondie pour les infrastructures vertes en faveur de la biodiversité est fournie par la Commission Européenne ou encore le « Central and Eastern European Web for Biodiversity »²⁴. Au Luxembourg le Plan National concernant la Protection de la Nature, présenté en juin 2017²⁵, fournit un catalogue de 28 mesures pour favoriser la diversité biologique avec un accent particulier sur l'urbanisme et l'aménagement du territoire²⁶. Ces mesures contribuent à la réalisation de la Stratégie nationale Biodiversité. Il est important d'évaluer à quel degré la végétalisation des infrastructures et des bâtiments ainsi que d'autres mesures comme l'aménagement de corridors verts peuvent être comptabilisés pour remplir les fonctions de mesures d'atténuation au sens du Projet de loi n°7048 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles.

RESSOURCES :

Un exemple souvent cité d'une installation de toiture verte sur un complexe industriel est p.ex. le site de Ford « Rouge River » à Dearborn, MI, USA, introduite par Prof. Michael Braungart et l'entreprise Xeroflor, en coopération avec l'architecte William McDonough²⁷.

De nombreuses autres références d'infrastructures vertes peuvent être consultées sur internet et nous nous contentons ici à fournir les liens vers les sites comme la « International Green Roof Association » ou le « World Green Infrastructure network »²⁸ ainsi que les portails d'information « Greenroofs » ou « Livingroofs »²⁹ (voir exemple de toiture verte page 35).

Des institutions comme le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) en France ou le CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction) en Belgique offrent des conseils et guides sur les techniques.

Citons également le guide « Gestaltung der Grünflächen von Gewerbebezonen, am Beispiel des Plan d'aménagement particulier Orly-marbourg in Marnach / Gemeinde Clervaux », édité par le Naturpark Our, qui traite plus particulièrement de l'aménagement de surfaces vertes. Au Luxembourg, le pôle d'innovation Neobuild offre du conseil pour l'installation de serres urbaines sur des bâtiments.

RÉSULTATS ET RECOMMANDATIONS :

L'ANNEXE III.3 fournit des explications et ressources pour une thématique plus spécifique, notamment la réalisation de **façades vertes pour un parking aérien**, qui est une des recommandations clés du présent rapport pour la gestion de la mobilité et le partage. La végétalisation des infrastructures offre de multiples avantages et il est recommandé d'explorer le potentiel à tous les niveaux.

24 - <http://www.biodiversity.europa.eu/topics/green-infrastructure> et <http://www.ceeweb.org/work-areas/priority-areas/green-infrastructure>

25 - http://www.environnement.public.lu/actualites/2017/06/13_pnpn/index.html

26 - http://www.environnement.public.lu/conserv_nature/dossiers/PNPN/PNPN_rev-elab/Catalogue-des-mesures.pdf

27 - <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=12>

28 - <http://www.igra-world.com>, <http://www.worldgreenroof.org>

29 - <http://www.greenroofs.com>, <https://www.livingroofs.org>

ANNEXES

ANNEXE I	Objectifs des parties prenantes
ANNEXE II	Boîte à outils circulaire
ANNEXE III.1	Service de produits chimiques
ANNEXE III.2	Potentiel de géothermie
ANNEXE III.3	Infrastructures vertes





MAXIMISE POSITIVE IMPACT

+IMPAKT

11, RUE DE L'INDUSTRIE

L-8399 LUXEMBOURG

WWW.POSITIVEIMPAKT.EU