

# ANNEXE I

## Intérêts & objectifs principaux des parties prenantes lors du développement d'une zone d'activités économiques

Les rôles des parties prenantes sont expliqués dans le tableau 3 du rapport.

Parties prenantes		MinEco	SICLER	Communes	Citoyens / Riverains	MinEnv, Admin de l'Env, Gestion de l'Eau	Autres ministères & admin (e.g. P&CH)	ITM (Inspection du Travail et des Mines)	Entreprises	Citoyens / Employés	Fournisseur Services eau	Fournisseur Services énergie
<b>INTÉRÊTS GLOBAUX</b>		Mettre à disposition des surfaces pour les industries, diversification économique	Développer les activités économiques dans la région	Recettes des impôts commerciaux, croissance démographique, emplois locaux	Emplois à proximité, haute qualité de vie	Développement durable, protection de l'environnement	Aménagement du territoire, autonomie communale	Santé et sécurité des personnes	Terrain bon marché pour l'implantation, services pas chers, accès facile, recrutement facile, procédures rapides	Emplois à proximité, bonnes conditions de travail (santé, sécurité), bonne rémunération	Croissance, augmenter le nombre des clients	Croissance, augmenter le nombre des clients, vendre des services
	1 EAU	Prix bas pour les entreprises, sécurité d'alimentation	Prix bas pour les entreprises	Eau potable de bonne qualité, salubrité, prix bas pour citoyens	Bonne qualité de l'eau potable, rivières propres, prix bas	Préserver nappes et cours d'eau, prix pollueur-payeur	-	-	Sécurité de l'approvisionnement, qualité constante, prix faibles	Bonne qualité de l'eau potable	Coûts maîtrisés, sécurité du service	-
	2 ÉNERGIE	Prix bas pour les entreprises, sécurité d'alimentation	Prix bas pour les entreprises, sécurité d'alimentation	Prix bas pour les citoyens Réduction de la consommation (pacte climat), Sécurité d'alimentation	Prix bas, pas de pollution	Energies renouvelables Réduction de la consommation (pacte climat)	-	-	Prix bas, sécurité d'alimentation	-	Prix bas pour le pompage et le traitement des eaux usées	Rendement élevé, sécurité d'alimentation
	3 1 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE MATERIAUX	Coûts de construction faibles, maintenance facile	Coûts faibles (construction, maintenance)	Pas de friches contaminées	-	Construction durable	Peu de maintenance	Protection des employés, santé et sécurité	Coûts de construction faibles, fiabilité importante	Santé et sécurité garanties Milieu de travail agréable	Infrastructures modernes, durables, maintenance facile, capacités et réserves suffisantes, bonnes connaissances des réseaux, également dans les entreprises	Infrastructures modernes, durables, maintenance facile, réserves suffisantes
	3 2 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE AIR, CLIMAT & bruit, éclairage	-	Réduire le nombre de réclamations	Air propre, protection climat, bruit	Air propre, protection contre le bruit	Air propre, protection climat, bruit, réduction éclairage	-	Protection des employés, santé et sécurité	Coûts réduits pour MTD (Meilleures Techniques Disponibles), protection des employés, sécurité du site	Air propre, protection contre le bruit	-	-
	3 3 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE BIODIVERSITE & CYCLE BIOLOGIQUE	Mesures de compensation minimales	Mesures de compensation minimales	-	-	Protéger biodiversité, compenser pertes Cycle naturel de l'eau respectée	-	-	Mesures de compensation minimales	Récréation	Zones de protection eau potable Gestion de l'eau de pluie	-
	3 4 PRODUCTION transformation et flux de MATÉRIAUX	-	-	Pas de nuisances (odeurs, bruit) par la production	Pas de nuisances par la production	Application « Meilleures Techniques Disponibles », respect de la réglementation	-	Protection des employés, santé & sécurité	Croissance durable, haute profitabilité	Santé et sécurité	Consommation prévisible, éviter les pointes Pas de pollution excessive	Consommation prévisible, éviter les pointes Conseil pour réduire la consommation
	4 PARTAGE	-	-	Accès de tous les citoyens à des services de qualité	-	Réduction de la consommation de ressources	-	-	Réduction de coûts	-	-	-
	5 MOBILITE & LOGISTIQUE	Capacités logistiques suffisantes	Capacités logistiques suffisantes	Pas de nuisances (émissions, bruit, embouteillages) par le trafic / la logistique	Pas de nuisances par le trafic / la logistique	Réduire nuisances - émissions air, eau sol / bruit	Voies d'accès et transports public adéquats	-	Capacités logistiques suffisantes, Parkings suffisants	Accès facile et rapide (transport public) Mobilité douce	-	-
	6 1 PROCESSUS GLOBAL Planification et réglementation	Planification et mise en œuvre rapide, coûts réduits pour les études	Planification et mise en œuvre rapide, coûts réduits	Consultation lors des procédures, Respect des autorisations PAG, PAP & règlement des bâtisses	Consultation lors des procédures	Respects des autorisations PAG, PAP, Commodo zone et commodo entreprises	Respects des autorisations PAG, PAP	Procédures Commodo zone et entreprises sont respectées	Planification et mise en œuvre rapide, coûts réduits	-	Implication afin de pouvoir anticiper planification	Implication afin de pouvoir anticiper planification
	6 2 PROCESSUS GLOBAL Gestion des parties prenantes	Connaître les besoins des entreprises, supporter les entreprises	Connaître les besoins des entreprises, supporter les entreprises	Les réclamations bruit et odeurs sont entendues	Les réclamations bruit et odeurs sont entendues	-	-	-	-	-	Intérêt d'avoir un meilleur contact avec les entreprises, p.ex. pour la facturation	-
	6 3 PROCESSUS GLOBAL Economie & innovation	Entreprises innovantes et fiables / durables	Entreprises innovantes, « clients » fiables / durables	Stabilité économique	Avantages priment sur nuisances (emplois sécurisés, nuisances moindres, etc.)	Problématiques environnementales anticipées	-	Problématiques santé / sécurité anticipées	Réduction des coûts, innovations stratégiques, pérennité, croissance & compétitivité	Santé et sécurité au travail, pérennité des emplois	Clients fiables, mais consommations diminuent avec le temps	Clients fiables, mais consommations diminuent avec le temps

# ANNEXE II





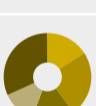

## Tableau 1



### Objectifs circulaires génériques et qualitatifs

Pour les références, voir <http://ecocirc-zae.lu/references/>




CRITÈRES	Objectifs globaux	Dimension qualitative	Valeur ajoutée circulaire (par ordre d'importance)
<b>1 EAU</b>	Eau saine & récupération des nutriments  Adopter le principe de la préservation des ressources d'eau	1.1 Adopter les principes des cycles biologiques et technologiques à l'eau : distinction stricte entre <b>consommation</b> et retour vers le cycle biologique d'une eau non-contaminée et de <b>l'utilisation</b> dans ces cycles fermés et en cascades. 1.2 Utiliser <b>l'eau de pluie</b> pour réduire la consommation en eau potable (cycle biologique). 1.3 Utiliser <b>l'eau de surface</b> pour améliorer l'attractivité du site / la biodiversité ainsi que la sécurité du site et des installations (barrières naturelles, cycle biologique). 1.4 Retourner l'eau vers le <b>cycle biologique local</b> au lieu de la transporter sur de longues distances et de perturber ainsi les cycles naturels des bassins versants. 1.5 Utiliser le principe de la récupération des nutriments et de substances utiles avec des <b>traitements adaptés et décentralisés</b> . 1.6 Retourner une <b>eau qui est plus propre</b> que celle dérivée de l'environnement.	1A. Économies pour la commune et l'état (subsidés) dans le dimensionnement des infrastructures centrales : stations d'épuration, réservoirs d'eau potable. 1B. Économies pour la commune/le syndicat intercommunal en charge des infrastructures par l'évitement de pollution et de dégradation des infrastructures par les effluents des entreprises. 1C. Économies pour les entreprises/locataires sur les frais de l'eau potable et des eaux usées si une approche holistique de gestion et de financement est mise en place. 1D. Revenus secondaires par la récupération de substances utiles (fertilisants, produit chimiques) à partir des eaux de processus/lavage, pour une réutilisation dans un processus agronomique ou industriel. 1E. Réduction des risques de contamination de l'eau souterraine, des boues d'épuration et de l'eau potable. Economies pour les services de l'eau et les communes, grâce à l'évitement de mesures de réhabilitation ou de traitement.
<b>2 ÉNERGIE</b>	Énergie renouvelable et intelligente	2.1 Maximiser la production, l'utilisation et le stockage des <b>énergies renouvelables</b> , par des technologies et approches innovantes. 2.2 Réaliser une <b>conception modulaire</b> qui permet de rajouter de nouvelles ressources énergétiques en fonction des besoins en électricité et de chaleur/froid. 2.3 Construire un <b>réseau électrique intelligent</b> , qui permet une gestion de la consommation, en vue de lisser les pointes et favoriser l'intégration d'énergies renouvelables. 2.4 Maximiser les <b>économies d'énergie</b> , et promouvoir l'efficacité énergétique, notamment pour l'éclairage interne et externe, par des technologies et approches innovantes. 2.5 Réutiliser la <b>chaleur produite et perdue</b> de d'autres endroits et pour d'autres fins, par le biais de réseaux de chaleur ou le stockage.	2A. Générer des revenus et des économies pour les entreprises/locataires ou pour la commune par la production et l'utilisation intelligente des énergies renouvelables. 2B. Augmenter la sécurité énergétique pour les entreprises/locataires par rapport à l'alimentation et les tarifs de l'énergie au futur. 2C. Promouvoir des propositions de valeur combinées comme les panneaux PV intégrés dans le bâtiment (production d'énergie & ombrage/climatisation, évitement de dupliquer des structures) pour réaliser des économies pour les entreprises/locataires. 2D. Réduction pour les entreprises/locataires des coûts énergétiques globaux, notamment par des réseaux intelligents et connectés (électricité, chaleur). 2E. Faciliter une adaptation rapide pour les entreprises/locataires à des nouvelles technologies, par une conception modulaire. 2F. Réduire les coûts d'investissement pour les entreprises/locataires à travers des instruments financiers innovants tels que les accords d'achat d'énergie ou encore la « lumière comme service », incluant l'électricité. 2G. Promouvoir une image positive de la zone et des industries par une amélioration de l'empreinte carbone, réduction de la consommation d'énergies fossiles et nucléaires (stratégie de Responsabilité Sociétale de l'Entreprise - RSE).
<b>3.1 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : MATERIAUX</b>	Produits et matériaux sains et réutilisables	3.1.1 Les infrastructures du site et les bâtiments sont conçus pour le <b>démontage et la réutilisation</b> des composants/matériaux, dans une approche de conception modulaire. Introduire des concepts de « produit comme service » dans la conception et gestion des infrastructures. 3.1.2 Faire une distinction claire entre les <b>cycles biologique et technologique</b> pour les matériaux. Donner une préférence aux produits pour lesquels les matériaux des cycles biologique et technologique peuvent être facilement séparés. 3.1.3 Veiller à utiliser des <b>matériaux définis comme non-toxiques</b> pour leur usage. 3.1.4 Utiliser les <b>terres d'excavation</b> pour les constructions ou aménagements extérieurs sur place, tout en veillant à éviter des mélanges qui réduisent la qualité. 3.1.5 Utiliser de nouvelles technologies et outils comme <b>l'impression 3D</b> pour rapprocher la fabrication des matériaux plus proches de l'utilisation et augmenter ainsi la modularité et la flexibilité.	3.1.A. Plus grande valeur résiduelle des bâtiments qui se reflète dans les plans de financement et des besoins réduits en capitaux initiaux. 3.1.B. Entretien, réparation et mise à niveau sont facilités par la modularité, résultant dans une réduction des coûts. Les bâtiments, systèmes et infrastructures sont résilients, capables de s'adapter aux besoins et technologies du futur. 3.1.C. Les entreprises locales de construction vont acquérir de nouveaux marchés en travaillant avec des produits et des concepts circulaires. 3.1.D. Économies pour les exploitants et les entreprises en réduisant la quantité de déchets de construction à éliminer, ultérieurement. 3.1.E. Amélioration de la gestion des risques grâce à des matériaux définis comme non toxiques pour leur usage. 3.1.F. Économies réalisées en utilisant des matériaux sur site, notamment les terres d'excavation. 3.1.G. Des coûts de mise en œuvre potentiellement moins élevés car moins d'exigences réglementaires. Réduction des coûts d'exploitation grâce à la réduction des exigences légales concernant les contrôles et les documentations.
<b>3.2 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : AIR &amp; CLIMAT</b>	Air et climat non nuisibles à la santé, niveaux de bruit et d'éclairage adaptés aux besoins  Installer une infrastructure avec des effets bénéfiques sur l'homme et l'environnement	3.2.1 Améliorer la productivité grâce à une <b>meilleure qualité de l'air et un meilleur confort</b> à l'intérieur des bâtiments. Utiliser au maximum de l'air frais et de la lumière naturelle dans les bâtiments industriels. 3.2.2 Créer des circuits d'air pur, p.ex. délivrer de <b>l'air purifiée</b> de l'intérieur vers l'extérieur des bâtiments. 3.2.3 Éviter la <b>pollution sonore et lumineuse</b> à l'intérieur des bâtiments, de la zone et vers les alentours. Considérer la lumière comme un élément basique de qualité environnementale (p.ex activation de nanoparticules polluantes par la lumière artificielle). 3.2.4 Utiliser les <b>meilleures installations techniques</b> pour le bruit, l'air, l'éclairage et l'énergie ainsi que pour leur gestion intelligente. 3.2.5 Capturer et réutiliser le CO <sub>2</sub> comme ressource.	3.2.A. Réduction des risques pour la santé : les employés sont moins malades et plus productifs au travail (& leurs enfants profitent d'un environnement sain dans la crèche propre au site, si présente). 3.2.B. Économiser de l'énergie dans les systèmes de ventilation, grâce à une pollution réduite de l'air. Réduction des frais d'entretien car les systèmes de ventilation sont moins encrassés. 3.2.C. Économies similaires pour les systèmes d'éclairage. 3.2.D. Économiser du temps et promouvoir une image positive, grâce à un nombre réduit de réclamations sur la mauvaise qualité d'air, le bruit ou la pollution lumineuse auprès des entreprises et des acteurs publics, de la part des employés et des riverains.
<b>3.3 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : BIODIVERSITE &amp; CYCLE BIOLOGIQUE</b>	La biodiversité est améliorée et valorisée.	3.3.1 Utiliser la biodiversité pour améliorer <b>l'usage multiple des espaces extérieurs</b> , p.ex. créer des corridors pour les animaux, les flux d'air et d'eau, créer des barrières naturelles (remplacer les clôtures), etc. 3.3.2 Soutenir et/ou développer la <b>flore et la faune locale</b> au sein des espaces privatifs et publics du PAG (maillage écologique local). 3.3.3 Utiliser l'espace local et les toits des bâtiments pour cultiver des <b>produits et plantes locaux</b> . Mettre en œuvre les principes de « l'aménagement productif du paysage » comme l'agriculture urbaine pour la production d'aliments frais. Des bacs portables et amovibles permettent un aménagement flexible. 3.3.4 Utiliser des <b>résidus organiques</b> pour restaurer le sol. 3.3.5 Utiliser des <b>méthodes biotiques</b> pour purifier l'eau et l'air.	3.3.A. Le paysage du site est plus productif en effectuant diverses fonctions (services écosystémiques). 3.3.B. Un environnement plus attractif pour les employés et les riverains est créé : économies par la fidélisation des employés et moins de réclamations des riverains (RSE) – image de marque positive de la zone. 3.3.C. Les espaces extérieurs demandent moins d'entretien, car l'autorégulation et l'état naturel sont favorisés (hormis l'agriculture urbaine). 3.3.D. Des serres et des jardins collectifs sont utilisables par le personnel, la crèche et les riverains, à des fins pédagogiques, récréatives, alimentaires (si possible !). 3.3.E. Les occupants sont encouragés à passer plus de leur temps libre à l'extérieur = réduction des coûts opérationnels et de l'entretien à l'intérieur. 3.3.F. Technologies plus sûres pour purifier l'air et l'eau (moins de produits chimiques utilisés).

	CRITÈRES	Objectifs globaux	Dimension qualitative	Valeur ajoutée circulaire (par ordre d'importance)
	<b>3.4 PRODUCTION : TRANSFORMATION ET FLUX DE MATERIAUX</b>	Produits et matériaux sains et réutilisables	<p>3.4.1 Réutiliser des <b>matériaux secondaires</b> générés sur le site avec distinction d'appartenance aux cycles biologique ou technologique. Favoriser les circuits fermés (également pour les solvants comme l'eau).</p> <p>3.4.2 Réutilisation de <b>substances chimiques</b> et de fluides secondaires (leasing ou reprise dans le cycle technologique).</p> <p>3.4.3 Favoriser les chaînes d'approvisionnement et les <b>marchés locaux ou régionaux</b>, en informant et formant les acteurs de la chaîne d'approvisionnement sur les principes du désassemblage de leur composants. De même favoriser des nouvelles technologies comme l'impression 3D pour rapprocher la production des marchés.</p> <p>3.4.4 Supprimer, réutiliser ou composter les <b>emballages</b> (palettes, cartons, films plastiques, etc.).</p>	<p>3.4.A. Le fait de rapprocher la production des biens de leur marchés de consommation et d'utilisation réduit les coûts de transport et ramène l'emploi dans la région. Économiser en réutilisant des matériaux sur le site.</p> <p>3.4.B. Réduction des coûts d'investissements et du coût total de propriété, par des concepts comme le « chemical leasing ».</p> <p>3.4.C. Un environnement de travail et des alentours plus sains pour les employés et riverains réduisent les risques de pollutions chroniques (engendrant des allergies, maladies) et accidentelles, grâce à des matériaux définis comme non toxiques pour leur usage.</p> <p>3.4.D Economiser en réduisant les quantités de déchets à éliminer, y inclus les emballages à diverses échelles.</p> <p>3.4.E Le site gagne une réputation comme précurseur en fabrication saine et circulaire de produits et de matériaux.</p>
	<b>4.0 PARTAGE</b>	Définir et accélérer l'économie du partage	<p>4.1 <b>Site et bâtiments multifonctionnels</b> permettant des extensions/adaptations/reconversions et attirant différents groupes cibles (le cas échéant utilisation les week-ends). La multifonctionnalité favorise également une reconversion future.</p> <p>4.2 Partager des <b>services commerciaux</b> et des <b>services aux salariés</b> afin de rendre le site plus attractif aux entreprises, aux employés et aux riverains.</p> <p>4.3 Des <b>services auxiliaires</b> sont encouragés à s'installer également sur le site.</p> <p>4.4 Favoriser le <b>partage d'informations et de savoir</b> à différents niveaux :  - dans la zone, sur des innovations circulaires au sujet de l'air, de l'eau et des matériaux,  - entre les ZAE, en considérant l'approche CE pour les ZAE comme investissement national partagé,  - au niveau national et international, afin d'attirer des entreprises innovantes et des employés qualifiés et motivés.</p>	<p>4.A. Réaliser des économies en réduisant les interruptions d'utilisation dans la zone et en réalisant des infrastructures partageables et reconvertibles.</p> <p>4.B. Économiser grâce au partage des espaces, des logistiques, des matériaux, de l'entretien et de la maintenance, des services de restauration, de l'énergie et de la gestion de l'eau.</p> <p>4.C. Promotion commune pour attirer plus de clients (espaces de vente et d'exposition), partage des salles de réunions.</p> <p>4.D. Amélioration des services aux riverains qui ont également accès à la zone.</p> <p>4.E. Des espaces comme les serres et les jardins communs peuvent être utilisés par les locataires et les riverains du site pour améliorer l'alimentation et les activités éducatives (en fonction du site !).</p>
	<b>5.0 MOBILITE &amp; LOGISTIQUE</b>	Mobilité et logistique intégrées et maîtrisées	<p>5.1 <b>Transport approprié et sûr</b> pour l'aller et le retour des personnes, favorisant les transports en public et le car-sharing.</p> <p>5.2 Une bonne conception de la zone facilite l'<b>accès au site</b> ainsi que le chargement / dépôt de personnes (travailleurs, visiteurs, riverains).</p> <p>5.3 Promotion de la <b>mobilité douce</b> sur le site (et dans les environs) grâce à la création de passages courts, sûrs et agréables.</p> <p>5.4 Accroître la densité de construction par la création d'<b>espaces de stationnement communs</b>.</p> <p>5.5 <b>Logistique adaptée</b> aux besoins du site, espaces communs de stationnement et de livraison également pour les poids-lourds.</p> <p>5.6 Prise en compte de nouvelles technologies comme la <b>robotique</b> et les <b>drones</b> pour la logistique ainsi que le <b>support des TIC</b> pour optimiser la logistique partagée.</p>	<p>5.A. Amélioration de l'accessibilité à la zone et aux entreprises pour une meilleure sécurité sur le site. Réduction des risques d'accidents et des coûts y liés.</p> <p>5.B. Meilleure utilisation de l'espace grâce aux garages à plusieurs niveaux pour voitures (et camions). Réduction des coûts individuels pour les entreprises.</p> <p>5.C. L'<b>accès pratique</b> à des services auxiliaires centraux réduit le besoin en mobilité et en transport motorisés.</p> <p>5.D. Effets bénéfiques sur la santé des employés et riverains et donc économies, grâce à moins d'émission de polluants, moins de pollution sonore, réduction du niveau de stress pour les trajets de travail. Augmentation de l'attractivité pour des employés qualifiés.</p> <p>5.E. Réduction du risque de réclamations de la part des riverains comme ils sont moins perturbés par le trafic et le transport. Effet bénéfique pour l'image de marque et la RSE.</p>
	<b>6.1 PROCESSUS GLOBAL</b>	Processus de planification et de réglementation qui soutient la circularité	<p>6.1 Identifier et éliminer les obstacles qui entravent une planification efficace des ZAE dans le sens de l'EC, sur <b>toute la phase d'utilité</b> (conception, construction, exploitation, réaffectation / démolition).</p> <p>6.2 Une approche intégrée permet d'impliquer les <b>parties prenantes</b> adéquates, de collecter des <b>informations complètes</b> et veille à la disponibilité des bonnes informations au bon moment (qualité des études préparatoires).</p>	<p>6.A. Le processus de planification et de mise en œuvre est accéléré ce qui engendre une réduction des coûts d'autorisation et les risques y liés.</p> <p>6.B. Maximiser la valeur résiduelle du site et minimiser les coûts de la réhabilitation du site, grâce aux possibilités de récupérer les terrains, infrastructures et équipements.</p> <p>6.C. Meilleure adéquation entre besoins des entreprises (p.ex. énergie, eau, mobilité), services et infrastructures (potentiellement) disponibles sur la zone, attractivité accrue pour les entreprises.</p> <p>6.D. Attirer les précurseurs de la circularité sur le site et en faire un démonstrateur phare.</p> <p>6.E. Réduire les coûts de maintenance par un meilleur contrôle des matériaux et de concepts utilisés dans la construction des infrastructures et sur la manière dont ils sont assemblés.</p>
	<b>6.2 PROCESSUS GLOBAL</b>	Gestion des parties prenantes avec contributions positives	<p>6.3 Un <b>coordinateur</b> est désigné pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Faciliter et animer des échanges continus entre les parties prenantes, afin de développer les besoins communs dans le futur,</li> <li>Anticiper et gérer des défis opérationnels au fil du temps,</li> <li>Impliquer les acteurs de la chaîne d'approvisionnement afin de les former sur le principes de l'EC dans une ZAE.</li> </ul>	<p>6.F. Créer des synergies à tous les niveaux, et donc des impacts positifs et gains économiques pour les acteurs privés et publics.</p> <p>6.G. Augmenter l'attractivité de la ZAE à travers une amélioration de la gouvernance, le fonctionnement continu et le développement modulaire de la zone.</p> <p>6.H. Anticiper et résoudre des situations conflictuelles, p.ex. entre les entreprises ou avec les riverains.</p>
	<b>6.3 PROCESSUS GLOBAL</b>	Outils économiques et innovations pour accélérer l'EC	<p>6.4 Développer un plan de gestion des actifs, des revenus, des économies possibles qui identifie clairement les <b>outils économiques</b> qui permettent d'amplifier les approches EC.</p> <p>6.5 Promouvoir de manière continue les <b>meilleures pratiques circulaires</b> ainsi que les <b>technologies transformatrices</b>, qui permettent d'avancer vers l'EC et constituent en même temps un avantage compétitif pour les entreprises et la ZAE.</p>	<p>6.I. Améliorer et documenter la valeur résiduelle des bâtiments, des systèmes, des produits, des composants et des matériaux.</p> <p>6.J. Profiter d'un environnement de taxation favorable aux innovations, notamment pour introduire des concepts CE.</p> <p>6.K. Utiliser les progrès CE pour améliorer la compétitivité.</p>

# ANNEXE II


## Tableau 2

### Objectifs circulaires spécifiques et mesurables et stratégies d'implémentation

POTENTIEL (Objectifs circulaires mesurables) (Les XY% sont donnés à titre d'exemple et à définir lors du processus de co-création)	STRATEGIE (Moyens / outils / techniques)	Situation existante
<b>1  EAU</b>		
 <p><b>CYCLE DE L'EAU, EAU DE PLUIE</b></p> <p>1.11. Un inventaire du cycle de l'eau est établi par rapport aux fonctions d'infiltration, d'évapotranspiration et de ruissellement. Un plan est développé pour la ZAE pour réaliser un cycle de l'eau adapté au bassin versant et proche du cycle biologique.</p> <p>1.12. Après la 1<sup>ère</sup> phase de construction, 50% de l'eau de pluie (limite supérieure d'exploitation respectant les résultats de l'inventaire !) qui tombe sur la partie complétée est collectée et utilisée pour faire l'appoint comme eau de processus, lavage ou eau incendie. Les eaux utilisées pour le refroidissement ne sont pas contaminées lorsque retournées vers le cycle biologique.</p>	<p>Assurer la perméabilité des sols pour permettre l'infiltration.</p> <p>Rétention de l'eau de pluie (toitures vertes, rétention), infiltration, évapotranspiration, bassin de rétention technique (combinaison avec eaux d'incendie) / naturel.</p> <p>Concevoir et aménager les bassins d'eau comme barrières naturelles, si un besoin de séparation des parcelles est identifié. (voir EAU1, tableau 3)</p>	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<p><b>SÉPARATION ET RÉUTILISATION DE L'EAU</b></p> <p>1.13. Les eaux usées sont séparés à hauteur de 90%, en fonction de leur contaminants. Ceci afin d'optimiser le traitement et la réutilisation de l'eau en cascades et de diminuer les pertes en nutriments biologiques et technologiques. L'utilisation d'eau traitée est préférée à celle de l'eau de pluie.</p> <p>1.14. Après la 1<sup>ère</sup> phase de construction, 25% des eaux traitées (biologique ou technologique) sont réutilisées sur le site. Après construction complète de la ZAE, 75% des eaux traitées sont réutilisées en cascade, notamment pour l'aménagement des espaces extérieurs.</p> <p>1.15. Les circuits d'eau de process / refroidissement sont fermés, avec des apports très faible d'eau fraîche (&lt; 5%). La qualité des rejets est au moins égale, voir supérieure, à celle des apports en eau fraîche.</p>	<p>Biologique : Ces eaux sont traitées de préférence à l'aide de méthodes biotiques : filière végétale (lagunage ou filtre végétal à forte charge) ou filière mixte (boues activées et filtres végétaux à forte charge si limitation de place).</p> <p>Technologique : Eau traitées par des systèmes décentralisés performants (techniques membranaires) en fonction de la pollution, de l'origine et de l'usage ultérieur de l'eau.</p> <p>L'eau usée est épurée, stockée puis réutilisée de préférence pour la même finalité (eau de process, eau de refroidissement, eau de nettoyage etc.) ou en cascades.</p> <p>Deuxième réseau de distribution d'eau de process sur les parcelles, ou stockage si besoins moins fréquents.</p> <p>Séparation interne et traitements adaptés des eaux de lavage, introduction dans le cycle biologique ou technologique, dépendant de l'industrie.(voir EAU2)</p>	
<p><b>RÉCUPÉRATION DES NUTRIMENTS</b></p> <p>1.16. Après la 1<sup>ère</sup> phase de construction, 50% des nouveaux systèmes sanitaires fonctionnent selon les principes de séparation des eaux noires et eaux grises, permettant de récupérer les nutriments. Après construction complétée de la ZAE, les nutriments et résidus organiques en provenance des eaux usées sont récupérés et valorisés à 75%.</p>	<p>Technologies sous-vide, no-mix, toilettes sèches, compostage ou production de biogaz, utilisation des digestats. Urinoirs sans eau avec un réseau séparé pour récupérer les nutriments.</p> <p>Séparation des fractions solides et liquides, traitements adaptés, réutilisation de l'eau épurée de la fraction liquide pour l'irrigation/ arrosage (ou les toilettes).</p> <p>Traitement combiné avec eaux usées en provenance d'industries agro-alimentaires, si applicable. (voir EAU3)</p>	
<p><b>RÉCUPÉRATION DE LA CHALEUR</b></p> <p>1.17. La chaleur est récupérée à 75% à partir des eaux de refroidissement, eau de process, réduction des pertes de chaleurs à travers des tours de refroidissement.</p>	<p>Echangeur de chaleur, réseau de chaleur, stockage temporel de chaleur et réutilisation.</p>	
<b>2  ÉNERGIE</b>		
 <p><b>PRODUCTION</b></p> <p>2.11. Maximiser l'utilisation de ressources énergétiques renouvelables, selon les priorités suivantes : produite sur site, dans la région, au-delà de la région. Viser 100% de taux de couverture des besoins en électricité des bâtiments et des infrastructures (éclairage, IT etc., mais pas la production industrielle) par une production en local.</p>	<p>Panneaux solaires sur les toits ou intégrés au bâtiment (toit, façade, vitrage), éoliennes urbaines, électricité hydraulique, géothermie, solaire thermique, production de biogaz et tri-génération via les déchets organiques du site.</p> <p>Eviter de brûler de la biomasse pour favoriser le captage de CO<sub>2</sub> (50-100 ans, p.ex. par des mesures compensatoires, zones vertes sur site) et maintenir intact le cycle biologique.</p> <p>Business model pour analyser les coûts totaux des énergies produites, sur le cycle d'utilité des infrastructures -&gt; visualiser et communiquer.</p> <p>Utiliser le concept « d'exergy » (énergie utilisable) comme outil pour choisir entre options technologiques. (voir ENERG1, tableau 3)</p>	
<p><b>RÉCUPÉRATION ET STOCKAGE DE CHALEUR</b></p> <p>2.12. Maximiser l'utilisation de la chaleur produite sur le site, en cascades, avec stockage et transport de chaleur. Viser 100% de chauffage de bâtiments par de la chaleur récupérée sur le site de la ZAE.</p>	<p>Echangeur de chaleur, pompes à chaleur, réseau et stockage (p.ex. géothermie).</p> <p>Récupérer la chaleur des eaux de refroidissement.</p> <p>Combiner avec le solaire thermique et la géothermie. (voir ENERG2)</p>	
<p><b>RÉSEAU INTELLIGENT</b></p> <p>2.13. 75% des réseaux électriques et installations techniques identifiées comme réserves peuvent être contrôlés à distance.</p>	<p>Mettre en place des « smart grids » et un système de gestion de pointes de consommation et de production d'électricité pour favoriser l'intégration des énergies renouvelables.</p> <p>Développer des mécanismes financiers pour inciter les entreprises à intégrer leurs infrastructures dans les réseaux intelligents. (voir ENERG3)</p>	
<p><b>STOCKAGE CHIMIQUE</b></p> <p>2.14. Investiguer le potentiel de réactions physico-chimiques pour le stockage d'énergie / électricité.</p>	<p>Stockage de l'électricité par batteries.</p> <p>Hydrolyse et production de H<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>. Utiliser le CO<sub>2</sub> pour générer et stocker de l'énergie. Transformation en méthane CH<sub>4</sub>.</p>	
<p><b>ECLAIRAGE</b></p> <p>2.15. La lumière naturelle représente 50% de la production lumineuse totale. L'éclairage est adapté aux besoins afin d'éviter la pollution lumineuse.</p>	<p>La mise en place d'éclairages LED est standard. Le concept de « Light as a service » est appliqué (nombre de luminaires adéquat, maintenance et remplacement faciles, récupération et réparation).</p> <p>Utiliser de la lumière naturelle où possible (p.ex. lucarnes) et des technologies avancées pour contrôler les niveaux de luminosité entre lumière artificielle et naturelle. (voir ENERG4)</p>	
<b>3  CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : MATÉRIAUX</b>		
 <p><b>CONSTRUCTION MODULAIRE</b></p> <p>3.11 50% des bâtiments et infrastructures sont conçus de manière modulaire et permettent une réparation facile, ainsi qu'un désassemblage non-destructif et un reconditionnement et une réutilisation des composants (y inclus mobiliers &amp; textiles et équipements)</p>	<p>Une attention particulière est à accorder aux infrastructures extérieures (routes, réseaux eau, énergie, etc.). (voir MAT1, tableau 3)</p>	
<p><b>CARACTÉRISATION DES PRODUITS ET DES MATÉRIAUX</b></p> <p>3.12. Après la 1<sup>ère</sup> phase de construction de la ZAE au moins 15% des matériaux ou produits utilisés sur le site ont un passeport de matériaux facilitant leur réutilisation ultérieure. Après complétion de la zone ce taux est de 70% (avec étapes intermédiaires)</p>	<p>Développer et gérer sur toute la phase d'utilisation de la ZAE une base de données sur les matériaux utilisés (quantité, qualité), tenant compte également de l'assemblage et de l'intégration dans la construction.</p> <p>Utiliser des outils BIM (Building Information Modeling) pour visualiser et mettre à jour ces données. (voir MAT1, MAT2)</p>	

POTENTIEL (Objectifs circulaires mesurables) (Les XY% sont donnés à titre d'exemple et à définir lors du processus de co-création)	STRATEGIE (Moyens / outils / techniques)	Situation existante
<b>PRODUITS ET MATÉRIAUX CERTIFIÉS</b> 3.13. Lors de la 1 <sup>ère</sup> phase de construction de la ZAE, l'utilisation de matériaux et éléments de construction pour les infrastructures de base définis de manière positive est favorisée (20% de matériaux certifiés). Lors de la construction des bâtiments (2 <sup>ème</sup> étape) l'utilisation de matériaux et éléments de construction définis de manière positive est maximisée (au moins 60% de matériaux certifiés).	Favoriser les matériaux simples et non-composites : matériaux 100% caractérisés et conçus pour être réintroduits dans le cycle biologique ou technologique. Recours à des matériaux certifiés, comme C2C. <b>(voir MAT2)</b>	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<b>CONCEPTS DE LEASING</b> 3.14. Des concepts « produit comme service » sont développés avec des fournisseurs pour 40% des infrastructures et équipements (p.ex. lumière)	Répertoire centralisé avec des informations sur les offres existantes, gain économiques possibles et constatés. Développement de contrats types pour les entreprises.	
<b>TERRES D'EXCAVATION</b> 3.15. 100% des terres d'excavation générées sur le site sont réutilisées lors des constructions consécutives ou aménagements extérieurs. Les déblais / remblais sont gérés à l'équilibre sur site.	Eviter les terrassements excessifs et les constructions sous-terraines. Si besoin, substituer les matériaux de construction vierges par des matériaux d'excavation supplémentaires (bien caractérisés, cf. passeport des matériaux) de la région.	

### 3|2 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : AIR & CLIMAT

 <b>AIR PROPRE</b> 3.21. Dans 100% des cas, les mesures des niveaux de polluants dans l'air (CO <sub>2</sub> , COV (composés organiques volatiles), NO <sub>x</sub> , particules dans l'air (poussières et particules fines PM2.5) sont inférieurs aux normes, la température et l'humidité sont contrôlées.	Mesures en continue de la qualité de l'air à l'intérieur et à l'extérieur, visualisation par Internet (voir <a href="http://www.foobot.io">www.foobot.io</a> ), prévoir des traitements comme des filtres électrostatiques, une ionisation artificielle de l'air, ou échanges naturels, à travers des mouvements d'air, corridors d'air, microbes probiotiques. Les plantes consomment du CO <sub>2</sub> à l'intérieur des bâtiments et fournissent une meilleure qualité de l'air. Le CO <sub>2</sub> produit lors des processus industriels n'est pas émis, mais capté au maximum afin de l'introduire dans les serres (-> Amplification de la photosynthèse des plantes) ou de l'utiliser comme ressource. Les façades et toitures végétalisées agissent comme des bio-filtres. Les poussières (PM10) se déposent sur les feuilles, les nitrates peuvent même être assimilés. <b>(voir MAT2)</b>	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<b>BRUIT</b> 3.22. Un environnement sensiblement plus calme. Dans 100% des pièces / halls, les émissions acoustiques sont inférieures aux normes.	Les façades et toitures végétalisées augmentent l'isolation acoustique des bâtiments et réduisent les réflexions de son. Installer des mesures de protection acoustiques, inclure occupants et riverains dans conception de placement des mesures.	
<b>ENVIRONNEMENT NATUREL</b> 3.23. Améliorer l'éclairage / la vue extérieure. 80% des employés ont une vue vers l'extérieur.	Favoriser l'accès à la lumière naturelle. Eviter les matières de construction et des couleurs avec beaucoup de réflexions. Eclairage externe avec impact réduit sur la faune nocturne et diurne, énergétiquement efficace et minimisant la pollution lumineuse vers le ciel (ex. bornes lumineuses à LED ou lampes à sodium haute pression à capsules fermées avec détecteur de mouvement et blindage vers le haut).	
<b>MALADIES ET ALLERGIES</b> 3.24. 80% moins de réclamations, 80% moins de cas de maladies et allergies, dus à un air et climat irritant (y inclus bruit et lumière).	Mettre en place des sondages réguliers, analyser et exploiter les statistiques.	

### 3|3 CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE : BIODIVERSITE & CYCLE BIOLOGIQUE


 <b>INVENTAIRE ET PLAN BIODIVERSITÉ</b> 3.31. Formuler un plan global pour la biodiversité locale autour et dans les bâtiments pour améliorer le lien entre l'intérieur, l'extérieur et l'intégration des bâtiments et parcelles dans le paysage environnant. Après la réalisation de la zone, 60% de la faune et flore sont résilientes et plus riches en biodiversité que celles antérieurement présentes sur le site.	Réaliser un inventaire de la biodiversité (avant, après) et des mesures à mettre en œuvre. Connecter les biotopes avec les couloirs écologiques au sein du site. Créer des couloirs écologiques, des abris et endroits favorables à la recherche de nourriture, des endroits de nidification et habitats naturels. Utiliser des sentiers naturels pour traverser la végétation, zones de détente naturelles (bancs et de tables couverts, brise-vents). Sensibilisation sur le bien-être et le « littering » par des activités régulières pour les employés dans la nature, panneaux informatifs, newsletters ou brochures. Activités pour écoles, crèches et maisons relais et pour les habitants des commune avoisinantes. Exemple pédagogique des plantes indicatrices pour la qualité de l'air (fougères). <b>(voir MAT3)</b>	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<b>TOITURES ET FAÇADES VERTES</b> 3.32. 60% des façades et toitures de bâtiments industriels sont valorisées écologiquement grâce à la végétalisation, ce qui apportera de nombreux avantages en plus de l'enrichissement en biodiversité.	Façades végétalisées constituées de plantes indigènes, caduques ou à feuillage persistant Végétalisation extensive des toits entre les installations énergétiques (panneaux PV, éoliennes etc.), végétalisation intensive, structures écologiques (petits tas de pierres et branches mortes).	
<b>SURFACES NATURELLES</b> 3.33. 80% de matériaux naturels et perméables pour des espaces de parking et de voiries (privés) pour permettre l'infiltration et la rétention d'eau, faciliter le passage d'insectes et de petits animaux et maintenir les sols en bonne santé. Un plan d'utilisation des surfaces définit les exigences en terme d'imperméabilisation.	Revêtement perméable des espaces de stationnement (gazon, gravier de la région). Revêtement imperméable uniquement sur les voies fortement fréquentées et sur les zones à risques d'une point de vue pollution. Possibilité d'utiliser des matériaux de construction recyclés pour installer les gazons-gravier (matériaux 100% identifiés). Parkings couverts par une installation de dispositifs permettant une végétalisation avec des plantes grimpantes indigènes, alternance entre plantes grimpantes et installations énergétiques (panneaux PV ou solaires thermiques). Variation avec des îlots de groupes d'arbres.	
<b>CLÔTURES NATURELLES</b> 3.34 100% des clôtures dans la zone sont réalisées avec de la végétation (à part des points critiques ou passages).	Haies et buissons locaux, impénétrables (p.ex. à épines), combinés avec des surfaces d'eau.	
<b>AMÉNAGEMENT PRODUCTIF DU PAYSAGE</b> 3.35. 30% des surfaces vertes sont des jardins ou des serres pour une production de plantes utiles (p.ex. énergétiques, fibres) ou de la nourriture locale (restaurant), à considérer comme option, en fonction des responsabilités. Considérer des serres intégrées dans les bâtiments ainsi que bacs amovibles.	Jardins ou vergers collectifs accessibles pour les employés du site et pour les riverains. Fertilisation avec le compost qu'on ne peut pas épandre sur les espaces verts dû aux sols qui doivent rester pauvres en éléments nutritifs. Amplification de la photosynthèse par injection du CO <sub>2</sub> produit par la centrale de biogaz. Captage de l'eau de pluie directement sur les serres. Régulation de température en hiver par la récupération d'excès de chaleur des bâtiments industriels et en été par évaporation d'eau de pluie ou eau traitée. Ventilation naturelle.	

### 3|4 PRODUCTION : TRANSFORMATION ET FLUX DE MATERIAUX

 <b>RÉPERTOIRE DES FLUX ET STOCKS DE MATÉRIAUX</b> 3.41. 80% des flux de matières (premières et) secondaires (fluides, énergie, air) sont répertoriés et suivis de manière dynamique.	Constitution d'une base de données centrale, mise à jour de manière régulière / automatique (Matières premières sujettes à confidentialité). Favoriser une réutilisation sur le site, processus en boucle et circuits fermés. Favoriser la mise en place de chaînes d'approvisionnement locales ou régionales. Gestion centrale et réduction des flux des emballages. Synergies pour l'achat, la gestion, la mise en réseau des producteurs, utilisateurs et consommateurs.	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<b>GESTION CENTRALISÉE DE PRODUITS CHIMIQUES</b> 3.42. Au moins 50% des substances chimiques / problématiques sont stockées et récupérées de manière centralisée afin de favoriser un système de « chemical leasing / take back chemicals (TaBaChem) ».	Un fournisseur de services telle que la SDK est impliqué lors de la planification des infrastructures et de la mise en place de la logistique. <b>(voir MAT4)</b>	
<b>GESTION CENTRALISÉE DES EMBALLAGES</b> 3.43. La gestion centralisée permet de récupérer 100% des emballages, proposer un service de réparation de palettes et des solutions d'emballages réutilisables.	Un fournisseur de services de logistique est impliqué lors de la planification des infrastructures et de la mise en place de la logistique. Un conseil pour la réduction / réutilisation ou la mutualisation d'emballages est offert au niveau du site.	
<b>CONSIDÉRER L'AIR COMME UN FACTEUR DE PRODUCTION</b> 3.44. 80% de l'air utilisé comme facteur de production (refroidissement, air comprimé, air de process) sont gérés en cycle fermé ou traité de manière appropriée avant relargage.	Installer des filtres adaptés à l'industrie pour minimiser l'émission et la présence dans l'air de polluants, filtres électrostatiques, ionisation de l'air, etc. Utiliser des solutions de traitement probiotiques pour réduire les coûts.	

POTENTIEL (Objectifs circulaires mesurables) (Les XY% sont donnés à titre d'exemple et à définir lors du processus de co-création)	STRATEGIE (Moyens / outils / techniques)	Situation existante
---	--	---------------------


## 4|1 PARTAGE

 <b>INFRASTRUCTURES MUTUALISÉES</b> 4.11. Partage d'infrastructures professionnelles (bureaux, salles de réunion, show-room, marketing commun des entreprises, shared space) et d'infrastructures destinées aux employés (Cantine, fitness, crèche, etc.), à hauteur de 50%. Envisager l'organisation commune (100%) de la sécurité et de l'accès au site pour faciliter l'accès aux infrastructures.	Outils informatiques / Intranet, favorisant le partage. Multifonctionnalité des bâtiments, infrastructures, si possible partage avec autres parties prenantes (y inclus riverains), prévoir gestion centralisée pour les aspects opérationnels. <b>(voir PART1, PART2, tableau 3)</b>	(à remplir avec les constats de l'inventaire)
<b>PARTAGE DES SURFACES</b> 4.12. Création des zones tampon pour la croissance future. 25% des surfaces utilisées sont partagées. Les surfaces disponibles sont mieux utilisées grâce à des infrastructures temporaires et modulaires.	Bail emphytéotique. Changer la notion droit de propriété en droit d'utilisation. <b>(voir PART1, PART2)</b>	
<b>SERVICES EXTERNES MUTUALISÉS</b> 4.13. 50% d'activités auxiliaires sont co-localisées sur le site un an après sa mise en service/en exploitation. L'exploitant veille à augmenter cette fraction à 80% au cours du temps.	Services de maintenance des infrastructures (eau, énergie, béton, acier, etc.), des équipements, des machines, des véhicules, services de logistique, partage de camions (via outil informatique). Services de gardiennage, hivernage, jardinage. Services énergie, eau, air (traitement de l'air comprimé, etc.). Services pour employés : catering, cantine, crèche (si besoin), fitness etc. <b>(voir PART3, PART4)</b>	
<b>PARTAGE DE COMPÉTENCES ET DE SAVOIR</b> 4.14. 50% des services internes des entreprises sont mutualisés (Ressources humaines, comptabilité, formations, services IT). Une attention particulière est accordée au partage des connaissances sur la mise en œuvre de l'EC.	Outils informatiques / Intranet, favorisant le partage. « Mapping » des compétences. Un partage des services IT, le partage sécurisé de serveurs, des clouds, etc. facilitent les économies d'échelle et la récupération de la chaleur des équipements. <b>(voir PART5)</b>	


## 5|1 MOBILITÉ

 <b>PARKING AÉRIEN CENTRALISÉ</b> 5.11 Un parking centralisé couvre 80% des besoins en parking des nouvelles entreprises.	Réalisation d'un parking centralisé, modulaire et déconstructible, qui est partagé par les entreprises, extensible en capacité et qui peut héberger des services complémentaires. <b>(voir MOB1, tableau 3)</b>	
<b>TRAJETS DE TRAVAIL ET VISITEURS</b> 5.12 40% des employés et / ou visiteurs viennent en car sharing ou transports publics.	Bonnes connexions vers les transports publics, outils informatiques pour favoriser l'accès à l'information. Transports publics / système car sharing privé, organisés par les entreprises ou l'exploitant de la zone. « Mapping » des lieux de résidence des employés (données confidentielles). Réaliser des enquêtes régulières pour identifier les besoins. <b>(voir MOB2)</b>	
<b>MOBILITÉ DOUCE</b> 5.13 30% des personnes utilisent la mobilité douce (vélo, trottinettes, à pied) pour venir au travail, et / ou pour leurs déplacements dans la ZAE.	Réseau de mobilité douce attractif (priorité par rapport aux routes, corridors verts), station de vélos publics / électriques <b>(voir MOB3)</b>	
<b>FLOTTE DE VÉHICULES PARTAGÉE</b> 5.14 Les véhicules partagés sont utilisés à > 80%, possibilité pour le car-sharing pour les trajets maison-travail.	Dans le cas d'une logistique partagée avec une flotte de véhicules communs : nécessité d'avoir un système intelligent accessible aux personnes concernées du site, vue globale sur les véhicules en route, réservés ou libres sur base d'un calendrier, indication exacte de la personne qui a réservé le véhicule ainsi que de la date et de l'heure de réservation. <b>(voir MOB2)</b>	
<b>LOGISTIQUE PARTAGÉE</b> 5.15 60% des entreprises ont recours aux services de logistique partagés (transport matières premières, produits, matières secondaires).	Mise en place d'un hub multimodal, point de livraison unique et distribution au sein du site (par véhicules électriques, qui peuvent aussi prendre des passagers). Outil de gestion informatique central, prise en compte des innovations comme les drones et la robotique. <b>(voir MOB4)</b>	


## 6|1 PROCESSUS GLOBAL : PLANIFICATION ET RÉGLEMENTATION

 <b>PILOTE DU PROCESSUS</b> 6.11. Un pilote / animateur unique est désigné pour tout le processus de planification. Des barrières administratives et réglementaires sont identifiées et gérées de manière proactive. La durée du processus de planification est réduite de 25% par rapport à la moyenne nationale. Les parties prenantes montrent un haut degré de satisfaction par rapport au processus global (> 80%).	Le pilote récolte toutes les informations utiles pour les différentes étapes de la planification (PAG, Commodo/Incommodo, etc.), établie pour tout le cycle d'utilité, y inclus la réaffectation et la déconstruction. Le pilote anime un processus de co-création en échangeant régulièrement avec les parties prenantes (acteurs, financeurs, décideurs, parties consultées). Le pilote associe les entreprises intéressées dans le processus, les décisions sont prises de manière transparente. <b>(voir PRO1, tableau 3)</b>	
<b>CHARTRE CIRCULAIRE</b> 6.12. Le pilote / animateur élabore et négocie avec les parties prenantes les objectifs et priorités circulaires à atteindre. La charte circulaire est signée lors de la création de la zone (p.ex. phase PAG) et 90% des objectifs formulés seront mis en œuvre au cours du cycle d'utilité de la zone.	Charte de circularité pour la ZAE, identifiant clairement les objectifs circulaires, approche qualitative et quantitative. Le coût total de développement circulaire de la ZAE est estimé. La charte contient une typologie circulaire, sur base du potentiel, du contexte géographique, des flux stocks existants et prévus des cycles biologique et technique. <b>(voir PRO2)</b> Catalogue de mesures et objectifs circulaires pour une ZAE. Un accent particulier est accordée à la dimension humaine, à l'utilisation rationnelle de l'espace et à la qualité des infrastructures et parcelles. Répartition des coûts et bénéfices de manière transparente pour toutes les parties prenantes de la chaîne de valeur. <b>(voir PRO3, PRO4)</b>	

## 6|2 PROCESSUS GLOBAL : GESTION DES PARTIES PRENANTES

 <b>ANIMATEUR DE LA ZAE</b> 6.13. Un pilote / animateur est désigné pour la gestion de la ZAE sur tout son cycle d'utilité (idéalement le même que pour la planification). Un cahier de charges définit le rôle et la responsabilité de l'animateur, dont le succès sera mesuré via les indicateurs du point 6.1. L'animateur est garant du respect de la charte circulaire.	Les responsabilités pour une gestion continue de la ZAE, des flux d'information, des flux de matières et d'énergie sont clairement définis, les moyens pour cette gestion prévus dans le modèle financier. Une rentabilité économique est visée. Des échanges et entretiens réguliers avec les parties prenantes (entreprises, employés, visiteurs, riverains) sont organisés pour développer des synergies et augmenter l'attractivité et la résilience de la zone. <b>(voir PRO5)</b>	
--	--	--

## 6|3 PROCESSUS GLOBAL : ÉCONOMIE & INNOVATION

 <b>DÉVELOPPEMENT MODULAIRE – OUTILS POUR L'INNOVATION</b> 6.14. L'animateur du site développe et applique les outils appropriés de gestion et de veille. Le développement et l'extension de la ZAE sont réalisés en phases, de même que la réaffectation d'infrastructures et de bâtiments modulaires. La fin d'utilisation de parcelles / bâtiments sont gérés et considérés comme des opportunités.	Des outils informatiques avancés (logiciels, algorithmes d'auto-apprentissage en temps réel, capteurs en ligne, etc.) sont mis en œuvre pour surveiller et guider le processus de planification et gestion modulaires (passeport matériaux, qualité de l'air, de l'eau). Les flux d'argent et la valeur résiduelle actuelle des bâtiments et parcelles sont évalués de manière régulière. Le pilote / animateur est garant de cette valeur résiduelle par une maintenance adéquate des données. Conseil par rapport aux réductions fiscales pour produits innovants et matériaux recyclés et aux subsides pour l'innovation, évaluation des schémas de leasing et take-back. <b>(voir PRO3, PRO6, PRO7)</b>	
--	--	--

# ANNEXE II

## Tableau 3 Analyse systémique des moyens et outils à impacts positifs

No	Mesures proposées	1  EAU Eau saine & récupération des nutriments biologiques et technologiques	2  ÉNERGIE Énergie renouvelable et intelligente	3  MATÉRIAUX (3.1) Produits et matériaux sains & réutilisables - INFRA (3.2) Air et climat - INFRA (3.3) Biodiversité améliorée et valorisée - INFRA (3.4) Produits et matériaux sains / réutilisables - PRODUCTION	4  PARTAGE Economie du partage définie et accélérée	5  MOBILITÉ Mobilité et logistique intégrées et maîtrisées	6  PROCESSUS Planification et réglementation holistiques Parties prenantes gérées et stimulées Outils économique et innovation	Impacts positifs systémiques
<b>EAU1</b> 	Bassin de rétention centralisé	Le bassin accueille toutes les eaux de ruissellement du site. Compartiment technique et naturel Rétention et traitement des eaux avant déversement dans le milieu naturel	Réservoir commun pour les eaux de refroidissement	(3.2) Microclimat favorable avec surface d'eau ouverte (3.3) Intégrer dans la zone verte, utiliser les surfaces d'eau pour aménager la zone (barrières naturelles) (3.4) Appoint circuits fermés pour l'eau de processus	Grande zone verte, accessible au public et aux collaborateurs des entreprises Partage du système incendie, des réservoirs eaux de refroidissement	-	Planification holistique, modulaire et déconstructible	Gestion centralisée du débit, de la hauteur d'eau, de la qualité (capteurs) Economie d'échelle pour la gestion Réduction des coûts pour les entreprises individuelles Tampon flexible pour les besoins des entreprises
<b>EAU2</b>	Traitement adapté des eaux de processus, eaux de lavage, eaux usées	Une bonne connaissance des flux d'eau (inventaire) permet de mettre en place un traitement adapté et une utilisation de l'eau en cascades	Récupération de la chaleur dans les eaux de lavage, eaux de process Moins d'énergie grise dans infrastructures classiques Si possible, faire traitement par digestion et une production de biogaz	(3.1, 3.3) Traitement biologique naturel des eaux à faible contamination biologique (p.ex. Lagunage) (3.1, 3.4) Récupération des nutriments techniques	Le partage d'infrastructures permet une meilleure gestion par un acteur spécialisé (p.ex. syndicats intercommunaux, télésurveillance et gestion)	Moins de transport de charges d'eau polluées par les sociétés de traitement des déchets	Planification holistique, modulaire et déconstructible Identification continue de nouvelles opportunités, informations sur les quantités / qualité maintenue à jour	Réduction du risque de contamination et lâchage de polluants grâce à des flux connus et maîtrisés Economie par un traitement adapté, réduction de la consommation
<b>EAU3</b>	Traitement adapté des eaux sanitaires & résidus organiques	Séparation des eaux sanitaires à la source (eaux noires, grises) Traitement adapté des flux et des résidus organiques (p.ex. industries agroalimentaires)	Récupération de biogaz si traitement par digestion	(3.3, 3.4) Récupération des nutriments biologiques Valorisation des résidus organiques pour enrichir le sol (compostage, fertilisation)	Mutualisation des infrastructures Valorisation des nutriments et résidus par l'agriculture locale	-	Organiser et gérer les flux des nutriments et des matières organiques	L'eau potable de haute qualité n'est pas utilisée comme moyen de transport pour les besoins sanitaires Réduction de la consommation et moins de mélanges de flux d'eau Boucle des nutriments et matières organiques fermée, si une utilisation sur site ou proche du site est prévue (p.ex. pour l'agriculture)
<b>ENERG1</b> 	Energies renouvelables	-	Utiliser un maximum de toitures et façades pour des panneaux PV Installer des éoliennes urbaines, si possible Installations de digestion et production de biogaz avec les déchets verts	(3.1) PV intégrée dans le bâtiment permet de réduire les besoins pour d'autres éléments de construction (3.3) Combiner avec des toitures vertes	Installations peuvent être mises à disposition de coopératives énergétiques	Electricité produite sur site pour les bornes électriques des voitures / vélos	Planification holistique, modulaire et déconstructible Gestion des flux énergétiques	Réduction des émissions en CO <sub>2</sub> Dépendance réduite par rapport aux fluctuations des prix d'énergie
<b>ENERG2</b>	Réseau de chaleur	Valoriser la chaleur dans les eaux de process et de refroidissement	Prévoir l'utilisation en cascades de la chaleur de processus. Combiner avec la géothermie (faibles températures) ou thermie solaire ou biogaz	(3.1) Prévoir des possibilités de stockage, matériaux réfractaires, géothermie, service de transport de chaleur	Mutualisation des services énergétiques (chaleur, froid, électricité)	Prévoir le transport mobile de la chaleur si un réseau n'est pas rentable	Gestion du réseau de chaleur, développement et adaptation aux besoins	Réduction des consommations en énergie de la ZAE Moins d'émissions de CO <sub>2</sub> Possibilité de collaborer avec les riverains et d'augmenter la résilience, gains supplémentaires pour les entreprises
<b>ENERG3</b>	Réseaux électriques intelligents	Hydrolyse pour le stockage chimique de l'énergie	Prévoir des réseaux électriques intelligents et des contrats avec les entreprises pour une connexion / déconnexion intelligente de grands consommateurs et pour le stockage d'énergie	(3.1) Meilleure utilisation des infrastructures électriques, réduction des surcapacités (3.4) Investiguer les possibilités de stockage chimique (hydrolyse de l'eau) si besoins en oxygène ou hydrogène sur le site	Partage des ressources énergétiques (production, consommation)	Intégrer les batteries de voitures électriques comme stockage mobile	Gestion centralisée des contrats	Economies par une réduction des surcapacités en infrastructure Meilleure intégration des énergies renouvelables, réduction des pertes
<b>ENERG4</b>	Eclairage	-	Eclairage adapté au besoin, avec meilleures techniques disponibles (luminaires économes en énergie, capteurs de mouvement, éclairage ciblé, etc.)	(3.2) Environnement de travail agréable (utiliser un maximum d'éclairage naturel) (3.3) Réduction de la pollution lumineuse à l'extérieur	Concept de leasing et d'un produit « lumière comme service »	-	-	Réduction des consommations en énergie et augmentation du bien-être humain et de la protection de la nature Contribution à la stratégie du ciel noir pour favoriser le tourisme rural
<b>MAT1</b> 	Bâtiments et Infrastructures modulaires	-	Meilleure utilisation de l'énergie grise dans les composants / matériaux sur tout le cycle d'utilité	(3.1) Concepts et matériaux modulaires aptes à la réparation, la déconstruction et à la réutilisation (3.1) Veiller à la séparabilité des matériaux appartenant aux cycles biologique / technologique (passeports matériaux)	La modularité permet de mieux adapter / partager les infrastructures	-	Planification holistique, modulaire et déconstructible	Gains économiques grâce à une valeur résiduelle plus importante des infrastructures : besoins en capitaux réduits Moins de déchets de construction car valorisation des composants / flux de matières de haute qualité Meilleures résilience et intégration de nouvelles technologies

No	Mesures proposées	1  EAU Eau saine & récupération des nutriments biologiques et technologiques	2  ÉNERGIE Énergie renouvelable et intelligente	3  MATÉRIAUX (3.1) Produits et matériaux sains & réutilisables - INFRA (3.2) Air et climat - INFRA (3.3) Biodiversité améliorée et valorisée - INFRA (3.4) Produits et matériaux sains / réutilisables - PRODUCTION	4  PARTAGE Economie du partage définie et accélérée	5  MOBILITÉ Mobilité et logistique intégrées et maîtrisées	6  PROCESSUS Planification et réglementation holistiques Parties prenantes gérées et stimulées Outils économique et innovation	Impacts positifs systémiques
<b>MAT2</b>	Bâtiments à impacts positifs	Réaliser des bâtiments qui contribuent à nettoyer et valoriser l'eau (pluie, eau noires, eau grises, eau de process)	Réaliser des bâtiments à énergie positive	(3.1, 3.2, 3.3) Matériaux sains, isolation énergétique et sonore, matériaux locaux Toitures et façades vertes Qualité de l'air augmentée	-	-	Planification holistique	Bâtiments à impacts positifs pour l'homme et l'environnement (bruit, émissions intérieur / extérieur) Réduction des risques de pollutions chroniques ou accidentelles Attractivité du site augmentée pour les employés, visiteurs, riverains Moins de consommation d'énergie pour la ventilation, purification d'air Moins de coûts de maintenance pour les systèmes techniques, réduction des coûts globaux
<b>MAT3</b>	Plan biodiversité	Combiner avec le bassin de rétention pour diversifier la qualité de la biodiversité	Utilisation de la biomasse produite pour la production d'énergie Isolation des toits et façades vertes	(3.3) Conception qui permet d'augmenter la biodiversité en favorisant des espaces verts de qualité	Surfaces vertes communes, utilisables par toutes les parties prenantes (y inclus riverains)	Intégrer voies privées et réseau de mobilité douce dans les zones vertes	Planification holistique	Economies car moins de mesures de compensation nécessaires, coûts d'entretien faibles des biotopes naturels Meilleure organisation de l'espace utile Attractivité accrue pour toutes les parties prenantes Amélioration de la qualité de l'air, contrôle de la température Meilleure intégration de la ZAE dans le paysage
<b>MAT4</b>	Chemical leasing	Concepts de chemical leasing p.ex. pour des processus de lavage, l'utilisation de solvants Réduction des risques d'émissions de produits toxiques	Meilleure utilisation de l'énergie grise dans les composants / matériaux sur tout le cycle d'utilisation	(3.4) Mettre en place des systèmes de « take back » pour produits chimiques et matières primaires / secondaires	Produit comme service, Partager services et développer des synergies entre les entreprises	Moins de transport de produits dangereux	Favoriser le concept lors de la planification de la zone (p.ex. emplacement SDK) Stimuler et gérer le concept, centraliser les informations sur les flux et besoins	Consommation plus efficace des ressources, réduction des pertes, Résilience accrue à travers une collaboration entre les entreprises de la ZAE
<b>PART1</b>	Mutualisation d'infrastructures, d'équipements et de machines	Applicable aux installations de gestion de l'eau Réduction de surfaces scellées non perméables sur les chemins privés	Applicable aux installations de production d'énergie	(3.1.) La modularité favorise la multifonctionnalité et l'adaptabilité (3.3) Chemins privés à utilisation ponctuelle aménagés de manière naturelle (3.4) Chemical leasing	Partage d'infrastructures, bâtiments, équipements et machines (p.ex. fourches), systèmes auxiliaires (p.ex. air comprimé) Recours à des prestataires externes, installés sur le site (hub logistiques, gestion des ressources)	Prévoir des chemins privés pour le transport de matériel / équipements entre les entreprises, hors cadre de la « sécurité routière »	Prévoir un aménagement adapté pour favoriser les connections entre entreprises Gérer le partage d'infrastructures et de machines (outil informatique)	Réduction des coûts d'exploitation et meilleure utilisation des ressources Recours à des concepts « produit comme service » avec une meilleure qualité des équipements Redondance et moins de pertes de temps de production Meilleur échange de compétences entre entreprises Résilience du réseau d'entreprise augmente
<b>PART2</b>	Organisation centrale des accès à la zone	Utiliser les plans d'eau ouverts pour mettre en place des barrières naturelles, si besoin	-	-	Organisation centrale de l'accès par véhicules et de la sécurité sur les parcelles	Mettre en place des réseaux de mobilité douce et un réseau des chemins privés	Prévoir lors de la planification une gestion centrale par l'exploitant de la zone	Meilleure connectivité entre les entreprises et les services Economies pour l'organisation de la réception et de la sécurité Economies sur le matériel (clôtures) L'attractivité de la ZAE avec flux d'information utiles augmente
<b>PART3</b>	Achats communs de produits et de services	-	Meilleur prix pour l'électricité, le gaz, l'eau	(3.4) Application à des matières et processus, si faisable (« chemical leasing »), gestion des déchets	Achats communs de l'énergie, l'eau, services, fournitures, IT	Services communs réduisent le transport dans la zone (p.ex. fournitures bureau, catering, etc.)	Processus animé par le gestionnaire de la ZAE	Economies grâce à de meilleurs prix négociés Moins de ressources et matières premières utilisées et gaspillées
<b>PART4</b>	Services sur site pour les employés, riverains	Plans d'eau ouverts et accessibles pour la récréation	Offrir des possibilités de participation dans des coopératives énergétiques aux employés, riverains	(3.3) Adapter et utiliser les espaces verts Airs de jeux, sentiers pédagogiques	Infrastructures communes pour les employés sur site et les riverains : crèche, restaurant, fitness, aire de récréation, food truck bio	Mettre en place des chemins de piétons et de promenade	Identifier les besoins, localiser et réserver le meilleur endroit en termes de qualité, d'accessibilité, santé et sécurité	La productivité augmente, les employés sont moins stressés, plus présents Meilleure acceptation par les riverains Attractivité pour les employés, fidélisation, coûts réduits à cause de taux de rotation faibles
<b>PART5</b>	Partage de compétences	Mutualiser les compétences et le conseil en gestion de l'eau (audit et mis en œuvre)	Mutualiser les compétences et le conseil en énergie (audit et mis en œuvre)	(3.1-3.4) Appliquer à certaines infrastructures et processus si les activités sont similaires / complémentaires	« Mapping » des compétences et des services internes pour favoriser l'échange et la collaboration	-	Support assuré par le gestionnaire de la zone (partie indépendante, neutre)	Résilience plus importante des entreprises, compétitivité accrue des clients internes et externes de la ZAE Economie par la mutualisation de services
<b>MOB1</b>	Parking aérien centralisé	Utiliser les toitures pour le captage des eaux de pluie, pour l'irrigation et les appoints des systèmes techniques	Utiliser les surfaces pour des éléments PV & éoliennes urbaines Points de recharge pour les voitures électriques	(3.1) Construction modulaire et déconstructible, en fonction des besoins (3.3) Inclure des façades et toitures vertes	Possibilité de combiner avec d'autres services pour les employés (Poste, journaux, boulangerie) et les camionneurs Pool de voitures de services (électriques) partagées	Parking aérien modulaire à plusieurs étages Prévoir un parking pour camions au rez-de-chaussée avec des services pour les camionneurs (douches, repos, restauration)	Planification holistique et modulaire Gestion du parking et services annexes	Gain net en surfaces disponibles pour les entreprises Gains économiques pour les entreprises comme moins de frais d'exploitation et d'entretien (p.ex. service hivernage)
<b>MOB2</b>	Mobilité multimodale	-	Favoriser l'utilisation de l'électricité renouvelable et de la mobilité électrique	-	Mettre à disposition des voitures de service partagées sur le site pour les trajets professionnels des employés	Prévoir l'accès efficace aux transports en communs pour les personnes, matières premières et marchandises.	Planification holistique et modulaire Gestion des services de logistique	Réduction des émissions de CO <sub>2</sub> et d'autres polluants du trafic routier Réduction des émissions de bruit et de poussières Réduction du nombre de camions (encombrement) et de mouvements routiers



No	Mesures proposées	1  EAU Eau saine & récupération des nutriments biologiques et technologiques	2  ÉNERGIE Énergie renouvelable et intelligente	3  MATÉRIAUX (3.1) Produits et matériaux sains & réutilisables - INFRA (3.2) Air et climat - INFRA (3.3) Biodiversité améliorée et valorisée - INFRA (3.4) Produits et matériaux sains / réutilisables - PRODUCTION	4  PARTAGE Economie du partage définie et accélérée	5  MOBILITÉ Mobilité et logistique intégrées et maîtrisées	6  PROCESSUS Planification et réglementation holistiques Parties prenantes gérées et stimulées Outils économique et innovation	Impacts positifs systémiques
<b>MOB3</b>	Réseau de mobilité douce	-	Combiner avec des stations de vélos électriques et bornes de recharge	(3.2) Meilleure qualité de l'air, comme moins de transports motorisés	Favoriser le partage d'infrastructures communes comme des restaurants, crèches, etc.	Réseau de chemins pour les piétons et vélos connectés sur le site et avec les alentours (gares, magasins, restaurants)	Planifier une mobilité à dimension humaine	La productivité augmente, moins de pertes de temps pour les employés, récréation pendant les pauses de midi Attractivité accrue du site pour employeurs et riverains
<b>MOB4</b>	Logistique centralisée	Voir parking aérien	Prévoir un dispatching et un transport dans la zone par la mobilité électrique	(3.1) Voir parking aérien Autre infrastructure de logistique	Favoriser implémentation de services de logistique sur le site Favoriser une distribution commune dans la ZAE	Organiser un hub logistique et une connexion avec les hubs multimodaux Prévoir des parkings pour camions centralisés Logistique électrique dans ZAE	Gestion des services de logistique Moyens de transports innovants comme la robotique ou les drones, ICT	Moins de transport, comme meilleure coordination entre entreprises Camions mieux rentabilisés Transport moins polluant dans la zone, qualité de l'air augmente
<b>PRO1</b> 	Développement de la ZAE par un acteur principal	Intégration des réflexions sur une gestion en cycles dès le départ	Intégration des réflexions sur les réseaux intelligents et les énergies renouvelables	Intégration des réflexions sur une planification modulaire des infrastructures, qualité du climat, symbioses industrielles, biodiversité	Intégration des réflexions sur l'aménagement et des infrastructures favorisant le partage	Intégrations des réflexions sur les transports publics, le partage de parking et de logistique, la mobilité douce	Acteur principal pour développer la ZAE, suivi des procédures, mettre à disposition des informations, faire le lien avec les parties prenantes.	Réduction du temps pour le développement de la ZAE, une meilleure intégration des besoins des utilisateurs futurs, une attractivité augmentée. Les bonnes décisions sont prises au bon moment, approche de co-création, processus de qualité
<b>PRO2</b>	Meilleure organisation des zones et des occupants	L'eau est utilisée en cascades par différentes industries	Mise en œuvre de concepts de « heat source / heat sink », utilisation de la chaleur en cascades	(3.4) Matières secondaires deviennent des matières premières	Partage d'équipements et de machines	-	Organisation des zones et regroupement d'acteurs avec des besoins similaires / complémentaires	Meilleure utilisation des flux de matières, d'eau, d'énergie si masse critique en quantité et qualité suffisante Résilience accrue des écosystèmes industriels Réduction des coûts pour services auxiliaires
<b>PRO3</b>	Densification des zones	Les bassins d'eau sont communs	La proximité favorise et rentabilise des réseaux de chaleur	(3.4) SDK avec centre de tri pour les ressources et de « chemical leasing »	La proximité permet le partage d'équipements et de machines	Parking aérien	Mutualisation d'infrastructures avec des hubs fonctionnels et planification modulaire permettent de densifier la zone	Symbioses industrielles favorisées, utilisation des transports publics et logistique optimisée
<b>PRO4</b>	Prise en compte de la dimension humaine	-	-	(3.1-3.4) Matériaux sains, niveaux de bruit et de lumière adaptés (extérieur/intérieur) Espaces verts conviviaux	Les services sont centraux et mutualisés comme les crèches, restaurants Favoriser la connaissance entre personnes sur site	Prévoir un réseau de mobilité douce (piétons, vélos), des transports publics efficaces et accessibles Connexion avec les services avoisinants (restaurants, magasins)	Aménager les zones en tenant compte de la dimension humaine (accès, logistique, santé et bien-être au travail, etc.)	Attractivité augmentée Gains économiques par la fidélisation d'employés, meilleure acceptation par les visiteurs et riverains Meilleure résilience si les décideurs / employés se connaissent sur le site
<b>PRO5</b>	Gestion continue de la ZAE	Bonne utilisation des infrastructures Suivi régulier sur l'utilisation de l'eau, évaluer les stratégies pour optimiser les processus	Suivi régulier sur les concepts énergétiques, développement modulaire	(3.1-3.4) Suivi régulier sur les flux et stocks de matériaux, développement modulaire	Gestion des systèmes (informatiques) de partage d'infrastructures et d'équipements	Identification des besoins en transports publics, gestion des systèmes de carsharing, logistique, parking aérien	Responsabilité et moyens pour une gestion continue de la ZAE, des flux d'information, des flux de matières et d'énergie	La mise en réseau des parties prenantes permet d'identifier et de résoudre des problèmes, d'activer des synergies en continu et d'augmenter ainsi les impacts positifs de la zone. Réduction des coûts par la mutualisation, augmentation de l'attractivité du site pour les entreprises. Meilleure résilience par un échange régulier entre occupants et autres parties prenantes
<b>PRO6</b>	Développement modulaire	Traitement décentralisé, modulaire et adaptable	Production d'énergie décentralisée, mais réseaux intelligents et centralisés	(3.1) Bâtiments et infrastructures déconstructibles	Partage des réserves de terrain et de zones tampon, mobilisation selon besoin	Transport public adaptable aux besoins, Parking aérien extensible, chemins piétons & stations vélos	Développement modulaire des parcelles et infrastructures pour gérer la croissance et la décroissance Adaptation sur toute la durée d'utilité	Flexibilité dans l'aménagement et l'agrandissement / la réaffectation de la zone, investissements en fonction des besoins
<b>PRO7</b>	Gestion de la réaffectation et de la déconstruction	Adaptation des circuits d'eau aux besoins	Adaptation des circuits d'énergie aux besoins	(3.1) Modularité des infrastructures (sol, hors sol) permet une ré-affectation et déconstruction de parcelles / bâtiments	-	Réaffectation des surfaces de parking, routes, surfaces vertes (greenfield-to-greenfield)	Les phases de fin d'utilisation de parcelles / bâtiments sont gérées et considérées comme opportunités	Flexibilité plus importante pour une densification, extension, croissance Gains économiques à travers une valeur résiduelle plus importante des bâtiments et des coûts évités pour la démolition

# ANNEXE II

## Tableau 4

Feuille de route avec objectifs circulaires quantitatifs et mesurables, responsabilités et planning pour la mise en œuvre, mécanismes de monitoring et de feedback

Thématique circulaire			Objectif spécifique	Ligne de référence (date X)	Échéance N (par rapport à la date X)	Responsable	Objectif chiffré	Estimation des surcoûts	Résultats (à l'échéance N)	Mesures correctrices (à l'échéance N)
	1	EAU								
	2	ÉNERGIE								
	3 1	CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE MATERIAUX								
	3 2	CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE AIR, CLIMAT & bruit, éclairage								
	3 3	CONSTRUCTION ET INFRASTRUCTURE BIODIVERSITE & CYCLE BIOLOGIQUE								
	3 4	PRODUCTION transformation et flux de MATÉRIAUX								
	4	PARTAGE								
	5	MOBILITE & LOGISTIQUE								
	6 1	PROCESSUS GLOBAL Planification et réglementation								
	6 2	PROCESSUS GLOBAL Gestion des parties prenantes								
	6 3	PROCESSUS GLOBAL Economie & innovation								

# ANNEXE III.1

## Service de produits chimiques

### 1 | CASES

This chapter shows details of cases, provided with the aim of exploring possibilities of joint development of chemical take back schemes in Luxembourg in the context of the development or extension of an industrial zone. Mentioned data is from cases, implemented by Royal Haskoning DHV (RHDHV). For an implementation in Luxembourg a downscaling or clustering of potential industrial clients will be necessary. The chapter also gives outlines for various implementation scenarios and suggested next steps in this exploration.

For each scenario, additional stakeholders need to be identified, that can complete the value chain, e.g. as operator or manufacturer. The ownership of the chemicals must also be defined, depending on the transport and treatment needs (i.e. the legal classification of chemicals for trans-boundary transport: waste or product?). Three scenarios are described and schematically illustrated below using solvent as a case study:

	Solvent	Annual volume (tons/y)	Impurity	Purification technology
Case 1	Solvent, DMF/DMA	500	pharmaceutical ingredients	distillation
Case 2	Solvent, mixed solvents (organic, non-halogenated)	800	carbohydrates, metals	distillation
Case 3	Solvent, xylene	70'000	carbohydrates	distillation
Case 4	Salt, NaCl	50'000	carbohydrates	active carbon
Case 5	Acid, sulfuric acid	2'500	water, chlorine	scrubber
Case 6	Acid, hydrochloric acid	200 (per client)	Metals (Fe, Zn)	valorisation of Fe(Cl)3

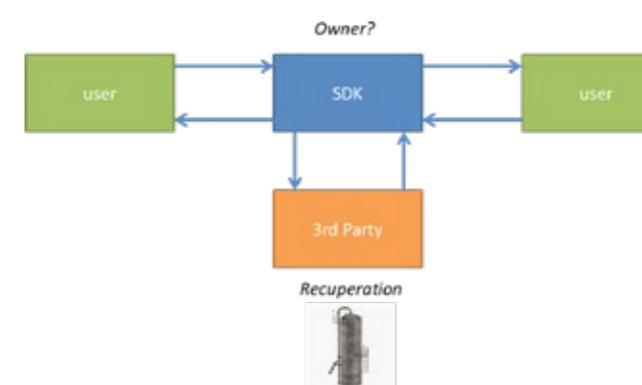
### 2 | SCENARIOS

To illustrate the practical implementation of the scenarios in Luxembourg, the waste management company SuperDrecksKëscht (SDK) is indicated as a logistic partner. It is, however, important to note that other waste management companies active in Luxembourg could play this role as well (e.g. Lamesch, Hein or Remondis – Horsch) and the scheme should, therefore, be put in place through open tendering.

### 2.1 SCENARIO 1

Take Back facilitated by SDK and 3rd party

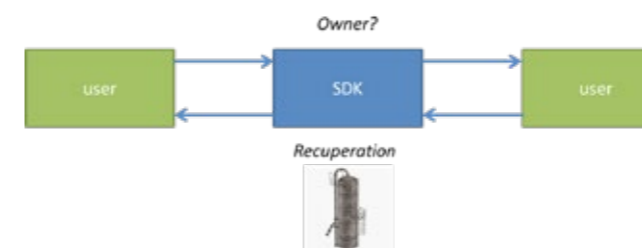
- SDK as logistic partner
- RHDHV as knowledge partner, technical development and investment
- 3rd party as operator
- Benefits:
  - 1| Familiar/close to current model
  - 2| Upgrade to ownership of product; eliminate label of waste



### 2.2 SCENARIO 2

The distillation column is operated by SDK

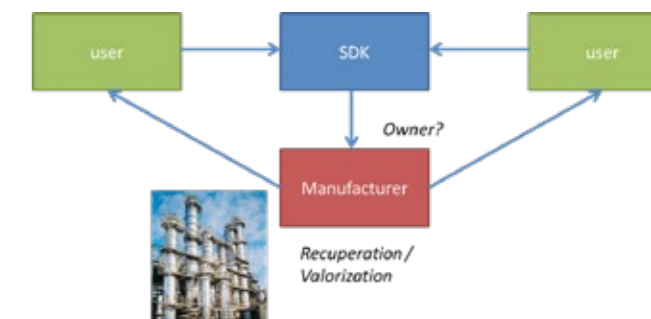
- SDK as logistic partner and operator
- RHDHV as knowledge partner, technical development of distillation and investment
- Benefits:
  - 1| Treatment of waste/product within Luxembourg
  - 2| proactive positioning of SDK
  - 3| Upgrade to ownership of product; eliminate label of waste



### 2.3 SCENARIO 3

Take Back to manufacturers facilitated by SDK

- SDK as logistic partner
- RHDHV as knowledge partner, technical development investment
- Manufacturer as operator/investor of recovery
- Benefits:
  - 1| Use of existing assets and knowledge
  - 2| Proactive positioning of SDK
  - 3| Treatment of waste/product within Luxembourg (?)
  - 4| Upgrade to ownership of product; eliminate label of waste



### 3 | NEXT STEPS

In order to progress with chemical take back schemes, the feasibility should be verified, depending on the quantities and qualities of chemicals used in Luxembourg and in various industrial sectors. The following steps should be taken, either in the context of the development of a new industrial zone or at national level and in collaboration with the Environmental Agency and waste management companies, such as SDK:

- Analysis/Inventory of material streams: product, quantity, impurity
- Identification and preliminary discussion with potential partners, including users
- Development and implementation of a business case, according to one of the above-mentioned scenarios

# ANNEXE III.2

## Géothermie

### TABLE DES MATIÈRES

#### 1 GENERIC APPROACH FOR FEASIBILITY QUICKSCAN OF GEOTHERMAL ENERGY PROJECTS FOR ZAE'S

1.1	INTRODUCTION INTO GEOTHERMAL ENERGY	2
1.1.1	SEASONAL ENERGY STORAGE IN CLOSED SYSTEMS	2
1.1.2	SEASONAL ENERGY STORAGE IN OPEN SYSTEMS	2
1.1.3	HYDROTHERMAL SYSTEMS	2
1.1.4	PETROTHERMAL SYSTEMS	2
1.2	STEPS TO ASSESS GEOTHERMAL POTENTIAL FOR ZAE	3
1.2.1	STEP 1: WHAT IS THE MINIMAL HEAT DEMAND OF THE CONSUMERS?	3
1.2.2	STEP 2: WHICH GEOLOGIC FORMATION MATCHES THE HEAT DEMAND?	4
1.2.3	STEP 3: WHICH GEOTHERMAL SYSTEMS ARE POSSIBLE IN DIFFERENT PARTS OF LUXEMBOURG?	4
1.2.4	STEP 4: IS THE PROJECT ECONOMICALLY FEASIBLE?	5

#### 2 ASSESSMENT OF GEOTHERMAL POTENTIAL FOR ZAE DE LENTZWEILER

2.1	STEP 1: WHAT IS THE MINIMAL HEAT DEMAND OF THE CONSUMERS?	6
2.2	STEP 2: WHICH GEOLOGIC FORMATION MATCHES HEAT DEMAND AND GEOTHERMAL SYSTEM?	6
2.3	STEP 3: WHICH GEOTHERMAL SYSTEMS ARE POSSIBLE IN DIFFERENT PARTS OF LUXEMBOURG?	6
2.4	STEP 4: IS THE PROJECT ECONOMICALLY FEASIBLE?	6

#### 3 REFERENCES

### 1| GENERIC APPROACH FOR FEASIBILITY QUICKSCAN OF GEOTHERMAL ENERGY PROJECTS FOR ZAE'S

This chapter describes a generic approach that can be applied to quickly identify if geothermal energy might be a sustainable heat supply option for ZAE's or other larger heat consumers in Luxembourg.

First the different types of geothermal energy systems that can be developed in Luxembourg are described. Then the steps to identify whether geothermal energy can be feasible for a ZAE are presented. If this results in a positive outlook, a more detailed geothermal feasibility study should be initiated. In Chapter 2 this method is applied to the case of ZAE Eselborn-Lentzweiler, in order to identify if geothermal energy can contribute to their energy requirement.

#### 1.1 INTRODUCTION INTO GEOTHERMAL ENERGY

In order to identify which geothermal options might be suitable to supply sustainable heat, first an overview of the four main categories of geothermal systems is presented. Terminology and manner of categorization of geothermal systems varies between countries and experts. The four categories that are presented here are tailored to the local geology of Luxembourg and the demands of this generic approach.

##### 1.1.1 SEASONAL ENERGY STORAGE IN CLOSED SYSTEMS

Seasonal energy storage is also called shallow geothermal energy. These systems typically operate at depths of only a few hundred meters. They differ from 'true' geothermal systems, because they do not extract the heat that is naturally present in the deep subsurface. These systems store a heat surplus in summer in the subsurface. By removing this heat from e.g. a building, they can also act as a cooling system. The created subsurface heat reservoir is utilized in winter, when demand is high. Because the temperature of the produced heat

is low (typically 15-25°C), a heat pump is normally required to utilize the heat.

Seasonal energy storage can work with open or closed systems. A closed system means that closed pipes are used to circulate water in a loop. Therefore, there is no contact between the circulating water of the system and natural groundwater present in the soil. The advantage of this system is that it can be applied anywhere, because it does not require an aquifer with favourable properties to allow high flow rates. The disadvantage of this system is that there is only limited contact area with the subsurface to allow transfer of heat. Therefore, these systems produce less energy than open systems. These systems typically supply one or several households/ buildings with heating and cooling energy. Figure 1 gives a schematic representation of closed seasonal energy storage systems.

##### 1.1.2 SEASONAL ENERGY STORAGE IN OPEN SYSTEMS

Open seasonal energy storage systems work in the same way and at similar depths as closed systems. However, the production and injection wells are open and must be located in an aquifer with favourable properties to allow a high flow rate of the system.

This system, in which natural groundwater is circulating, often operates as a doublet, with two wells. Because these systems have a greater capacity to exchange heat with the subsurface they produce more energy. Therefore, they can be applied to provide heating and cooling energy for office buildings, hospitals, schools etc.

##### 1.1.3 HYDROTHERMAL SYSTEMS

Hydrothermal systems are considered 'true' or deep geothermal systems, because they extract heat that is naturally present in the deep subsurface. Hydrothermal systems require water flow in the geothermal reservoir (or aquifer) to extract heat. Therefore, the systems are dependent on water bearing strata, with favourable properties that allow high flow rates. These can be sandstone aquifers or fracture networks, such as karsts. The production well pumps hot groundwater to the surface. The heat is extracted through a heat exchanger and the cooled down groundwater is injected back into the subsurface via the injection well (Figure 1 illustrates this process).

Because hydrothermal systems require aquifers with favourable characteristics, they can target the same aquifers as seasonal energy storage in open systems. But because they extract heat that is naturally present, the wells are drilled to greater depth where the tempera-

ture is higher. Hydrothermal systems typically target favourable aquifers at 1-4 km depth, depending on the required minimal temperature and the depth and presence of geologic formations that can provide the heat.

##### 1.1.4 PETROTHERMAL SYSTEMS

Petrothermal systems operate in the same way as hydrothermal systems, however they target deep heat reservoirs which have no or negligible water flow. At great depths temperatures are higher, but aquifers that allow water circulation are no longer present. Petrothermal systems typically extract heat from reservoirs at 4-6 km depth (or even more). Due to the greater depth (and temperature) these systems can produce both heat and electricity.

These reservoirs can be hot, dry rock formations. Petrothermal systems are therefore also called Hot Dry Rock geothermal or Enhanced Geothermal Systems (see Figure 1). The latter name refers to the aspect that because there is no natural water flow, these reservoirs often require artificial stimulation to allow sufficient water flow. The most common technique is hydraulic stimulation, where water is pumped into the reservoir under high pressure, to create an artificial network of fractures that allows water flow in the reservoir. A similar technique is used for shale gas production, which has raised environmental concerns, because chemicals are added to the injected water. For petrothermal systems, these chemicals are not required.

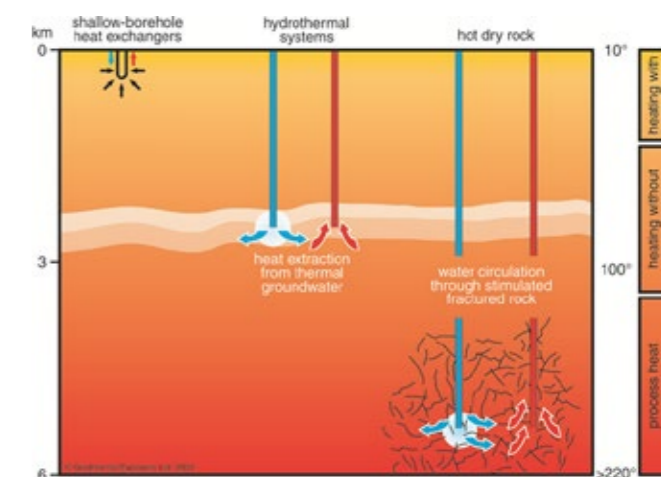


Figure 1: Types of geothermal systems: Closed seasonal energy storage systems (left), hydrothermal systems (middle) and Petrothermal systems (right) (Figure from: [www.dmp.wa.gov.au/Petroleum/Obtaining-a-Geothermal-title-4240.aspx](http://www.dmp.wa.gov.au/Petroleum/Obtaining-a-Geothermal-title-4240.aspx)).

Stimulation techniques might not be required at all: Optimal geologic formations for petrothermal systems can have a natural secondary fracture network (e.g. due to tectonic activity) that allows sufficient natural water

flow. In that case, these systems could also be referred to as hydrothermal systems, because water flow is possible (see above). But because these systems target a different type of geothermal reservoir, in this report they are called Petrothermal systems, even if there is a secondary fracture network that allows water flow.

Petrothermal geothermal energy systems are still in the development phase. Several research projects are in operation and many projects are in development. However, as of yet no commercial projects have been realized.

## 1.2 STEPS TO ASSESS GEOTHERMAL POTENTIAL FOR ZAE

This chapter describes four generic steps to determine if geothermal energy is a feasible option to supply sustainable heat to a ZAE (or other hub of heat consumers). The four steps of the generic approach are presented in Figure 2. These steps provide a quick and relatively easy framework to make a first assessment into the feasibility of geothermal energy. If this results in a positive outlook, a more detailed geothermal feasibility study must be initiated before an investment decision can be made.

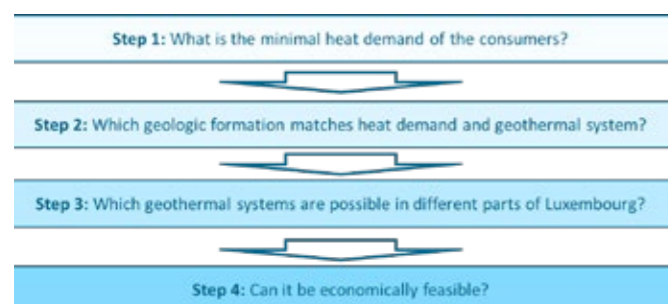


Figure 2: Generic steps to assess feasibility of a geothermal project for a ZAE.

### 1.2.1 STEP 1: WHAT IS THE MINIMAL HEAT DEMAND OF THE CONSUMERS?

First the heat demand must be mapped. The two most important parameters are:

What is the minimal required temperature? The minimal required temperature relates to the minimal depth (and therefore type) of the geothermal project. The consumers might require different temperatures, e.g. for space heating and for production processes.

What is the demand profile for the heat? This can be characterized by the number of hours per year and how much energy is required. Commercial success of a geothermal project is highest if the system can operate at full capacity during most of the year (thus a high number of full load hours). If heat demand is only present a few months of the year, or a few hours each day, it will be difficult to get a feasible project.

In order to easily make a rough assessment of the required temperature, Table 1 provides temperature ranges that characterize most common heat requirements. Dependent on the temperature demand different geologic formations will be the target for geothermal development.

Types of heat requirement	Typical temperature range
Heating (& cooling) of new buildings / housing with low temperature heat distribution system (e.g. underfloor heating), aquaculture.	30 - 40°C
Spas and swimming, biodigesters, greenhouses, drying processes, washing, pasteurization, meat processing, etc.	40 - 70°C
Heating of existing buildings/ housing with high temperature heat distribution system	70 - 90°C
Heat for paper industry, dairy industry, breweries, sterilizing, distillation, evaporation, boiling, etc.	90 - 150°C
Heat for other industrial processes, electricity generation <sup>1</sup>	> 150°C <sup>2</sup>

Table 1: Common types of heat requirements and associated temperature ranges.

<sup>1</sup>Electricity can also be generated at lower temperatures, but it is often not economically feasible for geothermal projects.

<sup>2</sup>There is probably no geothermal potential in Luxembourg for temperatures >150°C.

### 1.2.2 STEP 2: WHICH GEOLOGIC FORMATION MATCHES THE HEAT DEMAND?

After it is known what the heat demand is, the geologic formations that are present in Luxembourg can be selected that might be able to supply the minimum temperature and match the required capacity of the project. Table 2 gives an overview of the main geologic formations in Luxembourg that might be suitable for geothermal energy production and their key characteristics.

Deep geothermal energy production (hydro- and petrothermal systems) is not yet undertaken in Luxembourg. There is very limited subsurface data available and few deep wells have been drilled in the country. Therefore, the geologic data presented in this report has a considerable uncertainty. Most geologic data in this report has been based on Schintgen (2015). Field data collected from seismic surveys and test wells will be required to reduce uncertainty and allow for more efficient development of geothermal projects.

The temperature of a geologic formation can vary significantly, and is related to the depth of that formation. A formation can be located at great depth and can produce hot water in one area, while the same formation can lie directly below the surface in other part of the country.

If the production temperature of the geologic formation is too low for the minimum heat demand, the temperature can be increased with **heat pumps**. Whether the project remains economically feasible with the use of heat pumps must be verified.

At this point it is still highly uncertain whether these geologic formations have favourable enough properties to allow economic production of geothermal energy. Geologic conditions can vary greatly dependent on location. Further location specific research is required before projects can be realized (seismic surveys and exploration wells).

Some preliminary conclusions can already be drawn. Compared to the geologic characteristics in the Netherlands or Germany (where dozens of deep geothermal projects are in operation), the geologic conditions in Luxembourg for deep geothermal projects appear less favourable. Aquifers that might be suitable for hydrothermal systems are located at relatively shallow depth (and thus low temperatures). In order to produce heat above 75°C, petrothermal systems are most likely required. Little is known if these systems have favourable enough characteristics to allow geothermal energy production and they might require expensive (hydraulic) stimulation. Furthermore, geothermal energy production from petrothermal systems is not yet commercially applied and still in development.

Table 2: Main geologic formations in Luxembourg that might be suitable for geothermal energy production with their temperature, depth and possible energy production.

Potential geologic target formation	Temperature (Higher temperatures indicate the target formation lies at greater depth)	Formation depth	Thermal power (flow rate of 200 m <sup>3</sup> /h and injection temperature of 30°C assumed)
<b>Possible in all formations:</b> Seasonal energy storage in closed systems (shallow)	10-20°C	0-300m (independent of geologic formation)	5 - 25 kW
<b>Buntsandstein aquifers:</b> Seasonal energy storage (shallow) Hydrothermal systems (deep)	10-50°C (dependent on location)	0-1,2km (dependent on location)	Seasonal energy storage: 1-4 MW <sub>th</sub> Hydrothermal: 7 MW <sub>th</sub>
<b>Rotliegend:</b> Seasonal energy storage (shallow) Hydrothermal systems (deep) Petrothermal systems (deep)	10-75°C (dependent on location)	0-2,5km (dependent on location)	Seasonal energy storage: 1-4 MW <sub>th</sub> Hydrothermal: 10 MW <sub>th</sub> Petrothermal: 10 MW <sub>th</sub>
<b>Devonian (Upper+ Middle Siegenian):</b> Petrothermal systems (deep)	10-90°C (dependent on location)	0-4km (dependent on location)	14 MW <sub>th</sub>
<b>Devonian (Lochkovian):</b> Petrothermal systems (deep)	90-140°C (dependent on location)	3,5-6km (dependent on location)	26 MW <sub>th</sub>

### 1.2.3 STEP 3: WHICH GEOTHERMAL SYSTEMS ARE POSSIBLE IN DIFFERENT PARTS OF LUXEMBOURG?

After step 2 it is known which geologic formation can provide the required temperature and quantity. The third step checks if heat demand at the surface matches with geologic characteristics in the subsurface. Dependent on your location in Luxembourg, the depth (and thus temperature) and characteristics of the target formation(s) will vary considerably. Legal limitations, such as groundwater protection areas can also limit geothermal possibilities. Table 3 provides an overview of this. In the following paragraphs the different potential formations and their availability in Luxembourg are discussed.

#### A. GEOTHERMAL ENERGY FROM THE BUNTSANDSTEIN

Both seasonal energy storage in open systems and hydrothermal systems are possible in the Buntsandstein. Temperature is related to depth and varies from 10 - 50°C (0-1,2 km). The temperature can be increased with heat pumps (Schintgen, 2015).

It is uncertain if and where flow rate is high enough for successful geothermal exploration. The hatched white area has low permeability and appears less suitable for geothermal development.

At shallow depths seasonal energy storage will be most feasible. Only the most southern part of Luxembourg appears suitable for hydrothermal systems in the Buntsandstein, due to the higher temperatures (see Figure 3).

#### B. GEOTHERMAL ENERGY FROM THE ROTLIEGEND

The location of the Rotliegend is indicated with a black hatched area in Figure 3 (Permian graben system). It reaches a maximum depth of about 2 km in the northeast (near Luxembourg) and 2.5 km in the southwest near the French border. The modelled temperature varies from 63 to 75°C respectively (Schintgen, 2015). Little information is available about its potential for geothermal energy production. If the formation has sufficient flow rate, it might be suitable for hydrothermal systems, though available literature suggests flow rate might not be good enough. In that case petrothermal systems are an option, where the flow rate can be increased with (hydraulic) stimulation. But due to the low temperature of the formation, it is questionable if stimulation of the reservoir will be economically feasible.

#### C. GEOTHERMAL ENERGY FROM THE DEVONIAN (LOCHKOVIAN)

The Lochkovian is the most promising formation for petrothermal systems (see Figure 4). The Rotliegend and Upper + Middle Siegenian are less promising, because these formations lie at lower depths (lower temperatures).

The hatched band in Figure 4 (eastern part of Luxembourg) shows the most promise, not because temperatures are highest, but because the achievable flow rates might be higher. This is due to the possible presence of natural fracture networks. Due to current tectonic activity, the fractures might allow water flow. In that case, these areas might not require costly (hydraulic) stimulation, in order to be developed. The areas with higher temperatures within this

hatched band can provide heat to a wider range of applications, but also require deeper (costlier) wells to develop.

The geologic uncertainty of the Lochkovian formation for geothermal energy is very high. Field research (seismics and/or test wells) is required before commercial development can start.

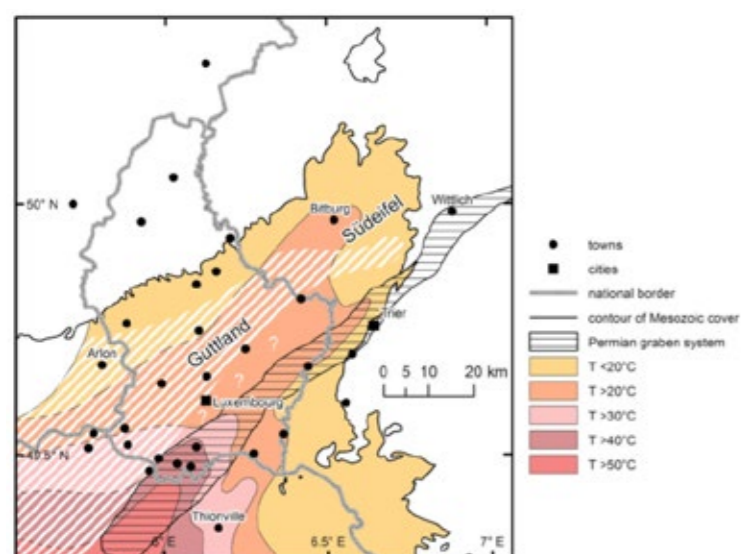
#### D. LEGAL LIMITATIONS: GROUNDWATER PROTECTION AREAS

Apart from a heat demand at the surface and a suitable geothermal target formation, geothermal development in the area has to be legally allowed. Luxembourg has appointed a significant part of the country as groundwater protection areas (see Figure 5). Within these areas all geothermal systems are banned. This is done in order to protect the aquifer that is used for drinking water production from possible contaminants. Wells can penetrate impermeable formations (such as clays), that act as a barrier between the drinking water aquifer and artificial contaminants from above or natural contaminants from below (e.g. salts, heavy metals, etc.).

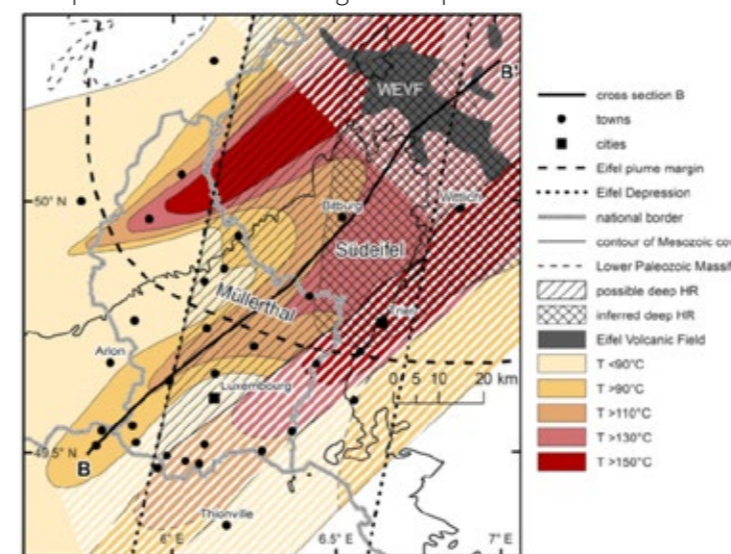
Within these areas no wells can be drilled. However, some projects have received exemptions from this regulation. Nonetheless the groundwater protection areas act as a major obstacle for geothermal development in those areas.

Geothermal system	Geologic availability (in order of most to least promising)	Geologic uncertainty	Legal limitations
Seasonal energy storage in closed systems	No limitation	None	Not allowed in groundwater protection areas (see Figure 5)
Seasonal energy storage in open systems	Trier-Luxembourg Embayment (Buntsandstein) SE-Luxembourg Graben+ Wittlicher Senke (Rotliegend)	High, but test wells are relatively inexpensive	Not allowed in groundwater protection areas (see Figure 5)
Hydrothermal systems	Trier-Luxembourg Embayment (Buntsandstein) SE-Luxembourg Graben+ Wittlicher Senke (Rotliegend)	High	Not allowed in groundwater protection areas (see Figure 5)
Petrothermal systems	Ardennes (+NW Eifel?) (Lochkovian, higher temperatures) SE-Luxembourg Graben + Wittlicher Senke (Rotliegend, lower temperatures) Hunsrück (+Mosel region?) (Upper+ Middle Siegenian, lower temperatures)	Very high	Not allowed in groundwater protection areas (see Figure 5)

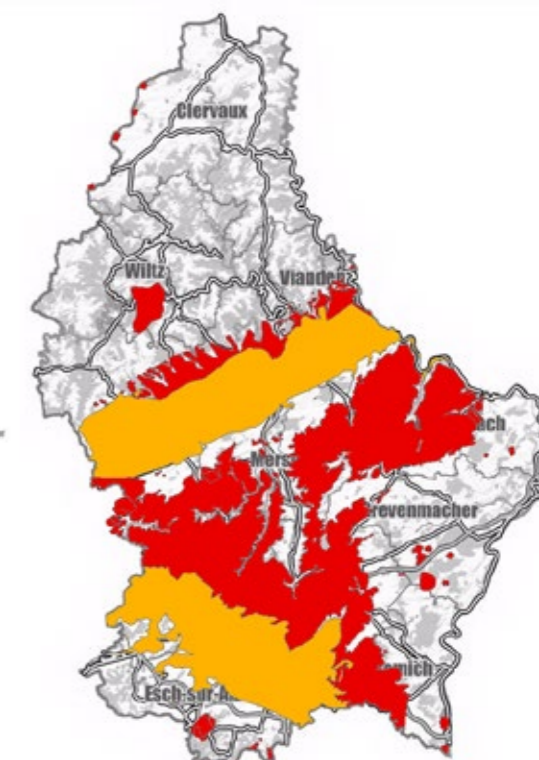
**Table 3:** Overview of geologic availability, uncertainties and legal limitations in Luxembourg for potential geothermal systems (data based on Schintgen, 2015).



**Figure 3:** Different temperature zones at the base of the Buntsandstein formation. Black dots indicate towns of at least several thousand inhabitants. White hatched zone is characterized by low permeability (less suitable). Question marks indicate possible low permeability zone. Blue circle shows zone with highest hydrothermal potential in the Buntsandstein (figure from: Schintgen, 2015).



**Figure 4:** Expected temperature zones at the top of the Lochkovian formation. Black circles indicate towns of at least several thousand inhabitants. Hatched and cross-hatched areas mark possible and inferred areas with increased flow rate (better suitable for geothermal development). These areas may not require stimulation to allow water flow. In the white hatched zone temperatures are particularly uncertain due to missing data (figure from: Schintgen, 2015).



**Figure 5:** Zones where geothermal wells are banned due to groundwater protection areas (figure from: <https://www.geoportail.lu>).

### 1.2.4 STEP 4: IS THE PROJECT ECONOMICALLY FEASIBLE?

The fourth step gives a high-level overview of project costs, possible alternatives and success factors for geothermal projects. It helps the reader to understand key aspects of geothermal projects and their success factors. If the price of the produced heat is known, the values presented in this chapter can be used to make a high-level Net Present Value calculation for the project.

#### A. ECONOMIC FEASIBILITY: PROJECT REALISATION

Table 4 gives an overview of realization costs, subsidies and realisation period for typical geothermal projects. Due to the lack of geothermal projects in Luxembourg, figures in this table are based on actual projects in the Netherlands. The actual costs and realization period will vary significantly between projects and have to be determined on a case to case basis. Heat transport costs are not included in the table and can be a major part of project costs if many small consumers are to be connected (e.g. a district heat network in a city).

Geothermal Option	Estimate of realisation cost (Capex)	Subsidies available	Typical realisation period
Seasonal energy storage in closed systems	€ 15.000 <sup>1</sup>	Yes	Months
Seasonal energy storage in open systems	€ 700.000 <sup>2</sup>	Not in place, but possibly negotiable with government.	Months – 1 year
Hydrothermal systems	€ 5-15 million <sup>3</sup>	Not in place, but possibly negotiable with government.	>2 years
Petrothermal systems	€ 30 - 60 million <sup>4</sup>	Not in place, but possibly negotiable with government.	Years (Commercially not yet applied)

#### B. ECONOMIC FEASIBILITY: PROJECT OPERATION AND DECOMMISSIONING

After realization, successful operation will determine economic success of the project. Table 5 gives an overview of key parameters that determine the operational phase and decommissioning. Due to the lack of geothermal projects in Luxembourg, figures in this table are based on actual projects and best estimates in the Netherlands. The actual costs and lifetime will vary significantly between projects and have to be determined on a case to case basis.

#### C. ECONOMIC FEASIBILITY: ALTERNATIVES

During the feasibility study of a geothermal project, alternative sources that can provide sustainable heat should be considered. Are alternative energy sources locally available and how do they compete in costs, reliability and sustainability? Especially if waste heat is available on site, geothermal development should be critically evaluated. Alternative sustainable sources for heat can be:

- Waste heat;
- Biomass;
- Biogas;
- Solar thermal;
- Air or surface water heat pumps.

**Table 4:** Overview of realization costs for different geothermal projects.

<sup>1</sup>For a 10-15 kW system  
<sup>2</sup>For a 180m deep doublet, capacity dependent on aquifer permeability, e.g. 1-4 MW incl. heat pump.  
<sup>3</sup>For a 1-2 km deep doublet  
<sup>4</sup>For a 4-6 km deep doublet

Geothermal Option	Total operational costs (Opex)	Technical lifetime	Decommissioning costs
Seasonal energy storage in closed systems (incl. heat pump)	Dependent on heat pump, heat & cold demand, electricity price, etc.	30 years	€ 5.000
Seasonal energy storage in open systems (incl. heat pump)	Dependent on heat pump, heat & cold demand, electricity price, etc.	30 years	€ 50.000
Hydrothermal systems	Approx. 3-4 % of Capex / year	30+ years	€ 1 - 5 million
Petrothermal systems	Approx. 3-4 % of Capex / year	30+ years	€ 1 - 5 million

**Table 5:** Overview of operation costs, technical lifetime and decommissioning costs for different geothermal projects.

#### D. ECONOMIC FEASIBILITY: SUCCESS FACTORS

If a geothermal project still seems feasible after considering the four steps presented in this generic approach, a more detailed feasibility study can be undertaken. Such a study is beyond the scope of this report. However, based on project experience in other European countries the following factors are known to strongly influence the success of geothermal projects:

- Favourable reservoir characteristics: Thick and permeable reservoirs are essential for sufficient flow rates for commercial exploitation. Geologic uncertainty in Luxembourg is high due to lack of data and deep boreholes. Seismic surveys and exploration wells are essential for geothermal development.
- Pre-existing infrastructure: Heat distribution networks are costly, therefore success factors are:
  - Small transport distance between source and heat consumer.
  - Several large consumers, such as industry, office buildings or flat blocks limit the transport network.
  - Use of a pre-existing District Heat Network is a major advantage.
- Full Load Hours: Consumers with heat demand in summer help to close the business case.
- In order to compete with fossil fuels, these days, subsidies are still essential.

## 2 | ASSESSMENT OF GEOTHERMAL POTENTIAL FOR ZAE DE ESELBORN-LENTZWEILER

The generic approach to determine the economic feasibility of geothermal energy for ZAE in Luxembourg has been applied to the ZAE Eselborn-Lentzweiler. The outcome is presented in the following paragraphs.

### 2.1 STEP 1: WHAT IS THE MINIMAL HEAT DEMAND OF THE CONSUMERS?

The ZAE Eselborn-Lentzweiler houses three main types of industry.

These industries are summarized in Table 6.

Type of industry	Process
Aluminium recycling	Melting of aluminium and production of aluminium droplets and ingots. Used as feedstock for production of aluminium components or desoxydating agent in steel production.
Special products manufacturing	Production of steel lamellae / slats for the tire industry as well as ceramic elements and dental implants.
Carpet/home decoration	Assembly of carpets, use of garments, and synthetic rugs to produce carpets and textile flooring
Acoustic and soft trimming of cars	Assembly of carpets and insulating material for car interiors
Truck component manufacturing	Assembly of metal components for trucks, by bending and welding of metal. Painting of the components.
Lifting and transport gear manufacturing	Assembly of metal components for lifting, transport and storing equipment and other intralogistic solutions for industry, includes also painting.

**Table 6:** Main types of industry in ZAE Eselborn-Lentzweiler.

The industry uses heat at different temperatures ranging from aluminium melting (+/- 700°C, with a large energy demand) to space heating (+/- 70°C and low energy demand). Additional industry is being planned and will be developed in the new part of the ZAE. If the new buildings that will be constructed are equipped with underfloor heating, temperatures as low as 30°C could be utilized.

### 2.2 STEP 2: WHICH GEOLOGIC FORMATION MATCHES HEAT DEMAND AND GEOTHERMAL SYSTEM?

Depending on the different utilized temperatures at the ZAE, Both the Lower, Middle and Upper Devonian and the Rotliegend could supply heat to meet some of the demand at Lentzweiler. If the yet to be built industry is equipped with underfloor heating, even the Buntsandstein or closed seasonal energy storage systems could be utilized for heating and cooling purposes.

### 2.3 STEP 3: WHICH GEOTHERMAL SYSTEMS ARE POSSIBLE IN DIFFERENT PARTS OF LUXEMBOURG?

Figures 2 and 3 show that at Lentzweiler the only potential geothermal target formation is the Lower Devonian (Lochkovian). The Rotliegend or Buntsandstein formations are not present.

In this area, the Lochkovian formation lies at a depth of approximately 4.5 up to 6 km and has a temperature of about 115-135°C (see Figure 6). Due to the possible effect of the 'Eifel plume', the temperature might even be 135-155°C. Based on Schintgen (2015) the Lochkovian has the following characteristics:

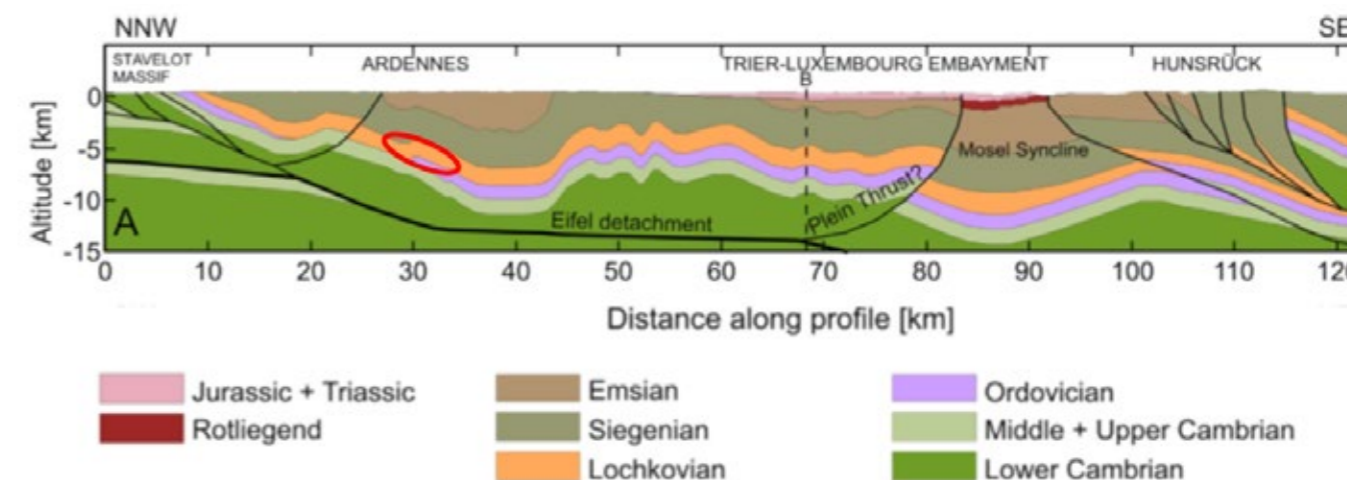
- Shale rich clastic-rock assemblage, with sandstone and quartzitic sandstone;

- There might be hydraulically conductive joints and faults (natural fracture network) present;
- Data is very limited due to the lack of actual deep boreholes.

If there is a substantial natural fracture network present that allows water flow, this formation might be suitable for geothermal energy production. If there is no natural fracture network present, or the fractures are 'closed', then (hydraulic) stimulation will be necessary in order to achieve sufficient flow rates. In that case, it is questionable if the project is economically feasible.

There is a significant amount of waste heat available at Lentzweiler from the aluminium production. This waste heat is available at temperatures above 150°C. It is worth studying if this waste heat can be utilized to supply heat to other heat consumers in the ZAE.

Using this heat will most likely be (much) less costly than developing the geothermal project. Because the waste heat is now lost to the atmosphere, utilization of this energy does not result in an additional climate impact. Even though geothermal energy provides sustain-



**Figure 6:** The target petrothermal formation at Lentzweiler is indicated by the red circle. At Lentzweiler the Lochkovian is located at a depth of 5-6 km (figure from: Schintgen, 2015).

Heat from this formation can be utilized directly, or it can be converted into electricity first. However, due to the relatively low temperature and the fact that the water will be produced at atmospheric pressure, electricity production will have a low efficiency (ca. 5-15%). Such a project may only be viable if there is also a consumer for the remaining heat.

able energy, electricity is used to pump the hot water to the surface. Waste heat utilization therefore has a lower climate impact than geothermal energy production. Because waste heat utilization is most likely less costly and results in a lower climate impact, this type of energy use should be studied first.

At Lentzweiler there are no groundwater protection areas that limit geothermal development.

For the ZAE of Eselborn-Lentzweiler it is therefore recommended that waste heat utilization is explored before further effort is put into development of a geothermal energy project.

### 2.4 STEP 4: IS THE PROJECT ECONOMICALLY FEASIBLE?

Development of a Petrothermal doublet at 6 km depth near Lentzweiler would cost an estimated € 40-60 million. Such a project has an economic payback time of decades, during which heat demand must remain. Though there is a large heat demand at Lentzweiler, a large part of the demand is (very) high temperature heat (aluminium melting at 700°C). Geothermal energy cannot produce heat at this temperature.

Alternatives to geothermal energy: waste heat at ZAE Eselborn-Lentzweiler

## 3 | REFERENCES

Schintgen, T. (2015). Exploration for deep geothermal reservoirs in Luxembourg and the surroundings – perspectives of geothermal energy use. *Geothermal Energy* (2015) 3:9.



# ANNEXE III.3

## Infrastructures vertes

### TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>PARKINGS À FAÇADES VÉGÉTALISÉES – TECHNIQUES</b>	<b>7</b>
1.1	VÉGÉTALISATION GRÂCE AUX PLANTES GRIMPANTES - IMPLANTATION EN PLEINE TERRE OU EN POTS AU PIED DE LA FAÇADE	7
1.1.1	LA VÉGÉTALISATION SUSPENDUE - IMPLANTATION DES VÉGÉTAUX DANS UN SUBSTRAT À LA FAÇADE	7
1.1.2	LE SYSTÈME HYDRO PROFI LINE	8
1.2	PARKINGS À FAÇADES VÉGÉTALISÉES – TECHNIQUES	9
1.3	VÉGÉTALISATION GRÂCE AUX PLANTES GRIMPANTES - IMPLANTATION EN PLEINE TERRE OU EN POTS AU PIED DE LA FAÇADE	9
<b>2</b>	<b>PARKINGS À FAÇADES VÉGÉTALISÉES – RÉALISATIONS</b>	<b>10</b>

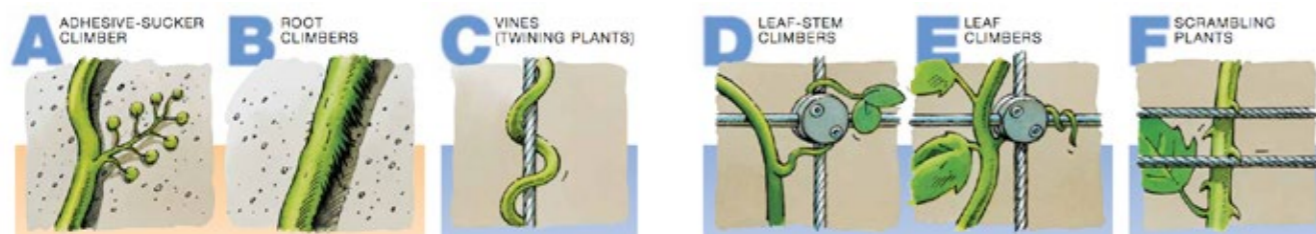
### 1 | PARKINGS A FAÇADES VEGETALISEES – TECHNIQUES

#### 1.1 VEGETALISATION GRACE AUX PLANTES GRIMPANTES - IMPLANTATION EN PLEINE TERRE OU EN POTS AU PIED DE LA FAÇADE

##### 1.1.1 LES TECHNIQUES DE GRIMPE DES PLANTES

Tandis que les espèces auto-adhésives s'attachent toutes seules au mur à l'aide de ventouses (A) ou de crampons (B) (p.ex. lierre grim pant), d'autres espèces nécessitent d'être palissées. Ce sont les plantes volubiles (C) (chèvrefeuille des bois, liseron des champs,

elles peuvent être accrochées à l'aide de cordes ou de fils en acier inoxydable séparés verticalement pour les plantes volubiles et horizontalement pour les plantes semi-grimpantes. Les plantes à vrilles peuvent facile-



**Figure 1:** Illustration des techniques de grimpe  
Source : [https://www.jakob-usa.com/wp-content/uploads/2014/04/Green\\_Solutions\\_G1\\_en.pdf](https://www.jakob-usa.com/wp-content/uploads/2014/04/Green_Solutions_G1_en.pdf)

houblon); plantes à vrilles ou utilisant les pétioles de leurs feuilles (E et D) (clématite, vigne sauvage); plantes semi-grimpantes utilisant leurs épines (F) (égantiers, ronces).

ment grimper sur des grillages en bois ou en acier ou encore sur des treillages à maille de câbles en inox librement ajustables suivant les besoins et possibilités.

La durée de vie varie entre les différents matériaux utilisés pour la fixation, voir tableaux ci-dessous :

Nom	Durée de vie	Remarques, recommandations
<b>Treillage en bois</b>	25 ans	Mélèze, chêne, robinier ou orme. Éloigner le treillage du mur pour augmenter l'épaisseur de la lame d'air et prolonger la longévité du bois. Recouvrir d'un produit de protection.
<b>Treillage métallique</b>	30 ans et +	Inox, aluminium ou acier galvanisé. Diamètre minimal de 6mm et zingage de 380g/m <sup>2</sup>
<b>Câbles en fer</b>	30 ans et +	Inox, pour réalisations de grande envergure. Utiliser des serre-câbles à croix au niveau de l'intersection des câbles pour une meilleure rigidité.
<b>Fibres de verre</b>	40 ans et +	Insensibles à la corrosion. Diamètre minimal de 7,75mm, teneur en verre minimal de 80% et surface rugueuse. Plus couteux mais solide, flexible et léger.
<b>Autre</b>	< 20 ans	Treillage en plastique, cordages.

Le coût sera très variable en fonction de la technique choisie et de la taille du mur à végétaliser. Seul un devis vous fournira une estimation fiable. Voici cependant quelques chiffres sur la base d'exemples concrets, matériaux de support, végétaux et pose inclus :

Installation	Coût total
Haut de gamme : 4 treillages de 7m de haut sur 3m de large, grillagés sur la façade d'un bâtiment industriel. Treillage au couleurs de l'entreprise fixés à partir du toit à distance permettant l'entretien de la façade.	7.000 €
5 dispositifs de câbles tendus sur un magasin d'usine pour plantes à vrille de 4m de haut. Partie supérieure en étoile. 4 treillis de 2 x 1,50m pour plantes volubiles	2.500 €
Dispositif de câbles galvanisés sur la façade d'un bâtiment industriel de 30 m de long.	600 €
Plantes à crampons type lierre ou vigne vierge pour bâtiment classique en briques sans support. Façade de 30 m de long.	100 €

Deux fournisseurs pour les projets de grande envergure peuvent être identifiés à partir des références:

- Greencable : <https://www.carlstahl-architektur.com/produkte/greencable/>
- Jakob : <http://www.jakob.co.uk/> et Greenwall systems (agent xclusif de Jakob®) : <http://www.green-walls.co.uk/>

**Sources**  
Fiche technique « Murs et pieds de murs végétalisés », réalisée par l'Institut du Développement Durable et Responsable (IDDR) de l'Université Catholique de Lille (UCL), en collaboration avec Norpac voir <http://www.biodiversite-positive.fr/moa/conception/>

Les systèmes et dispositifs d'ancrage sont à choisir selon la charge et le type de façade (béton, maçonnerie, pierre naturelle, isolation extérieure etc.).

Lors de l'installation de supports à câbles, il faut prendre en compte le poids de la plante (1-50 kg/m<sup>2</sup>), de la neige (2x le poids des plantes à feuillage caduc ; 3x le poids des plantes à feuillage persistant), de la pluie et de la rosée. Le treillage doit également pouvoir supporter le poids potentiel des fruits ainsi que les forces du vent (augmentant avec la hauteur). Les supports doivent être assez éloignés du mur pour permettre une bonne circulation de l'air et l'espacement entre les câbles doit être adapté à ce que la plante puisse s'attacher facilement en laissant toujours assez de place à la croissance et au développement de celle-ci.

L'entretien se limite à deux ou trois désherbages manuels par an au niveau du sol. La taille devient uniquement nécessaire lorsque les plantes s'approchent trop des éléments sensibles comme les toitures et les gouttières.

### 1.1.2 ESPÈCES GRIMPANTES INDIGÈNES ADAPTÉES À NOTRE CLIMAT

Nom de l'espèce	Hauteur de croissance en pleine terre	Exposition	Mois de floraison	Type de grimpante		Persistance en hiver	Taille de pot	Valeur pour la faune
Le lierre (Hedera helix)	20 m	Mi-ombragée à ombragée	8-10	À crampons		Feuillage persistant	Diamètre et hauteur > 50 cm	Papillons, abeilles, mouches, oiseaux
	Remarques : Egalement sur façades exposées au nord ; baies toxiques pour l'homme ;							
La clématite des haies (Clematis vitalba)	8 m	Ensoleillée à mi-ombragée	7-8	À vrilles		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 50 cm	Papillons, abeilles, bourdons, coléoptères, mouches
	Remarques : Peut végétaliser de très grandes surfaces ; nécessite sols profonds, humides, meubles et riches en éléments nutritifs ; protection contre l'engorgement (drainage) et forte exposition au soleil du pied (autres plantes)							
La vigne sauvage (Vitis vinifera subsp sylvestris)	5-40 / 20-40 m	Ensoleillée	3-5	À vrilles		Feuillage caduc, tiges persistantes	ND	Oiseaux et insectes profitent des fruits
	Remarque : Jeu de couleur - feuilles vertes en printemps et en été, rouge foncé en automne							
Le chèvrefeuille des bois (Lonicera periclymenum)	5 m	Mi-ombragée	6-8	Volubile		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 50 cm	Papillons, bourdons, mouches, oiseaux
	Remarques : Fleurs légèrement toxiques ; convient pour végétalisation de hauteur moyenne ; supporte sol pauvre en éléments nutritifs							
L'églantier (Rosa canina)	3 m	Ensoleillée à mi-ombragée	6-7	Semi-grimpante		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 50 cm	Abeilles, coléoptères, oiseaux, mammifères
	Remarques : Bien plus robustes que rosiers horticoles ; besoin d'être fixé à quelques endroits pour tenir							
Le rosier des champs (Rosa arvensis)	1 m	Ensoleillée à mi-ombragée	6-7	Semi-grimpante		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, abeilles, bourdons, coléoptères, oiseaux, mammifères
	Remarques : Bien plus robustes que rosiers horticoles ; besoin d'être fixé à quelques endroits pour tenir							
La ronce (Rubus fruticosus)	3 m	Ensoleillée à mi-ombragée	6-8	Semi-grimpante		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 50 cm	Papillons, abeilles, coléoptères, oiseaux, mammifères
	Remarque : besoin d'être fixée à quelques endroits pour tenir							
Le framboisier (Rubus idaeus)	2 m	Ensoleillée à mi-ombragée	5-8	Semi-grimpante		Feuillage caduc, tiges persistantes	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, oiseaux, mammifères
	Remarque : besoin d'être fixé à quelques endroits pour tenir							
Le houblon (Humulus lupulus)	6 m	Ensoleillée à mi-ombragée	7-8	Volubile		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 50 cm	Papillons, abeilles, mouches
	Remarques : Sol argileux profond et humide, ne supporte pas de fortes gelées							
La bryone dioïque (Bryonia dioica)	4 m	Ensoleillée	6-7	À vrilles		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 40 cm	Abeilles, bourdons, mouches, oiseaux
	Remarque : fruits toxiques – tenir hors de la portée des enfants							
Le liseron des haies (Calystegia sepium)	3 m	Ensoleillée à mi-ombragée	6-9	Volubile		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, bourdons
La gesse des bois (Lathyrus sylvestris)	2 m	Ensoleillée à mi-ombragée	7-8	À vrilles		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, abeilles, coléoptères
La vesce des buissons (Vicia dumetorum)	2 m	mi-ombragée	6-8	À vrilles		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, bourdons, coléoptères
La douce-amère (Solanum dulcamara)	2 m	mi-ombragée	6-8	Semi-grimpante		Rien ne persiste hors du sol	Diamètre et hauteur > 40 cm	Papillons, abeilles, mouches

Le tableau ci-dessous fournit une sélection de plantes grimpantes indigènes, adaptées à notre climat des forêts tempérées décidues et mixtes et qui se prêtent donc bien à des infrastructures végétalisées dans le contexte des ZAE luxembourgeoises.

D'autres plantes proposées dans les documents de référence et sources sont peu adaptées à la végétalisation d'un parking à multi-niveaux, car elles n'atteignent pas plus d'un mètre ou ne sont pas indigènes.

#### Sources :

[https://de.wikipedia.org/wiki/Wilde\\_Weinrebe](https://de.wikipedia.org/wiki/Wilde_Weinrebe)  
[http://quelle-est-cette-fleur.com/Fiches-botaniques/vigne-sauvage.php\\_pour\\_la\\_vigne\\_sauvage](http://quelle-est-cette-fleur.com/Fiches-botaniques/vigne-sauvage.php_pour_la_vigne_sauvage)  
<http://www.pronatura-ti.ch/documenti/Plantes-grimpantes-indigenes.pdf>  
[http://naturemwelt.lu/biodiversite/download/Arbuste\\_FR.pdf](http://naturemwelt.lu/biodiversite/download/Arbuste_FR.pdf)  
[https://www.jakob-usa.com/wp-content/uploads/2014/04/Green\\_Solutions\\_G1\\_en.pdf](https://www.jakob-usa.com/wp-content/uploads/2014/04/Green_Solutions_G1_en.pdf)  
<http://www.floraweb.de/>

## 1.2 LA VÉGÉTALISATION SUSPENDUE - IMPLANTATION DES VÉGÉTAUX DANS UN SUBSTRAT À LA FAÇADE

Des structures sont fixées à la façade et maintiennent du substrat dans lequel sont implantées les plantes. Cette manière de végétaliser est plus esthétique mais moins écologique parce qu'elle demande beaucoup d'engrais et nécessite d'être irriguée.

Voici quelques exemples commercialisés sous brevet :

Nom	Canevaflor	Greenwall ou WallZFactory	Babylone	Mur Végétal Patrick Blanc
<b>Structure</b>	Cellules autoporteuses en acier galvanisé	Cages d'acier galvanisé fixées sur le mur	Structure d'aluminium fixée sur le mur puis une plaque de PVC	Support par tasseaux de bois puis contreplaqué marine ou PVC puis bâche EPDM d'étanchéité
<b>Substrat</b>	Fibre de coco et perlite	Sphaigne du chili	Nappe hydrophile, mousse d'ouate de cellulose	En hydroponie avec feutre horticole et poches de plantation
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structure autoporteuse adaptable à tous supports</li> <li>Pouvoir dépolluant, isolation thermique et acoustique (20 dB en absorption et 32dB en isolation)</li> <li>Plantes dites autochtones</li> <li>Irrigation par goutte à goutte économe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptable aux situations</li> <li>Isolation thermique et acoustique</li> <li>Garantie décennale pour Greenwall</li> <li>Garantie 1 an pour WallZ</li> <li>Dispositif léger et esthétique dès la pose</li> <li>Econome en eau, irrigation automatique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouvoir dépolluant</li> <li>Isolation thermique</li> <li>Isolation acoustique 55dB</li> <li>Esthétique dès la pose</li> <li>Mur très fin ( 6cm) et léger</li> <li>Arrosage automatique et récupération d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très léger</li> <li>Résultat spectaculaire</li> <li>Isolation thermique</li> <li>Arrosage et fertilisation automatisés</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temps d'adaptation des végétaux</li> <li>Dispositif lourd</li> <li>Entretien du système d'irrigation complexe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacement couteux des plantes</li> <li>Provenance de la sphaigne non écologique</li> <li>Longévité limitée de la sphaigne</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu économe en eau</li> <li>Entretien assez lourd</li> <li>Racines peu protégées : éviter les régions à hivers froids</li> <li>Contrôle fréquent de la solution nutritive et du pH</li> </ul>
<b>Poids (kg/m<sup>2</sup>)</b>	70 à 150	GreenWall : 45 à 70 WallZ : 50 à 70	12	30
<b>Prix fourni posé (€/m<sup>2</sup>)</b>	500 à 800	Greenwall : 500 à 800 WallZ : 900		500 à 700

Source: Fiche technique « Murs et pieds de murs végétalisés », <http://www.biodiversite-positive.fr/moa/conception/>, système de supports pour surfaces verticales (droite).

## 1.3 LE SYSTÈME HYDRO PROFI LINE

Ce chapitre met en évidence un système de plantation pour verdure urbaine, qui est susceptible de présenter des avantages importants en termes de consommation d'eau (réductions à hauteur de 80%) et de coûts comparé aux solutions classiques.

Le système Hydro Profi Line (HPL) de GKR Hydrokultur utilise des bacs et supports de plantation multifonctionnels, modulaires et flexibles, qui peuvent servir à végéta-



Figure 2: Illustrations des racines flottantes, facilement accessibles en sortant les bacs des supports (en haut) et d'un système de supports pour surfaces verticales (en bas).

liser des surfaces horizontales et verticales (voir <http://www.hydro-profi-line.com> et <http://floating-plants.com> pour plus d'informations). Le système breveté garantit une santé prolongée des plantes et de leurs racines, une maintenance minimale, de même qu'un échange très rapide des plantes. La production des récipients et structures porteuses est faite localement en Allemagne et selon les principes de conception C2C.

## 2| PARKINGS À FAÇADES VÉGÉTALISÉES – RÉALISATIONS

Le tableau ci-dessous reprend des exemples de réalisation de parkings à façades végétalisées, avec leurs caractéristiques principales.

Méthode de végétalisation	Réalisation	Technique d'attachement des plantes		Caractéristiques	Coûts	Entretien et approvisionnement	Références/Sources
Suspendue	Il Fiordaliso Shopping Center, Milan. Végétalisation la plus grande au monde en 2012.	Récipients métalliques de Francesco Bollani		1.262 m <sup>2</sup> ; 44.000 plantes ; mousses et plantes à fleurs	ND	Plus facile à cause des récipients métalliques	<a href="http://www.inhabitat.com/a-milan-shopping-center-is-now-home-to-the-worlds-largest-living-wall/">http://www.inhabitat.com/a-milan-shopping-center-is-now-home-to-the-worlds-largest-living-wall/</a>
Suspendue	De Patrick Blanc, Madrid	ND		15.000 plantes ; 250 espèces ; plantes à fleurs, lierre et autres ;	ND	Irrigation goutte-à-goutte automatique	<a href="http://www.inhabitat.com/patrick-blancs-lush-vertical-garden-is-a-green-oasis-in-the-middle-of-madrid/">http://www.inhabitat.com/patrick-blancs-lush-vertical-garden-is-a-green-oasis-in-the-middle-of-madrid/</a>
Suspendue	Edgware Road London installée par Biotope	Système modulaire ; 1 module 600x445 mm ; système hydroponique ; substrat sans terre ; support en plastique imperméable Ecosheet construit de matériaux recyclés en Angleterre		180 m <sup>2</sup> ; 14.000 plantes ; 15 espèces ; lavande, géraniums, épiaire laineuse, heuchères, véroniques ; mix de plantes à feuillage persistant et caduc ;	600 – 800 £/m <sup>2</sup>	Par Biotope ; Irrigation goutte-à-goutte 2 fois/jour ; contrôle d'irrigation par SMS ; contrôle humidité pour réduction de consommation d'eau ; suivi de la dépollution de l'air par le Imperial College	<a href="http://www.treehugger.com/urban-design/green-living-wall-london-tube-station.html">http://www.treehugger.com/urban-design/green-living-wall-london-tube-station.html</a>
Suspendue	Parking de la quincaillerie Falabella à Las Condes, Santiago Chile ; installée par Atlantis	Atlantis Gro-Wall® ; installation individuelle des plantes pour entretien facile		359 m <sup>2</sup> ; 11.000 plantes	ND	Irrigation individuelle des plantes	<a href="http://www.atlanticcorporation.com.au/portfolio-items/vertical-garden-chile-atlantis-gro-wall/">http://www.atlanticcorporation.com.au/portfolio-items/vertical-garden-chile-atlantis-gro-wall/</a>
Suspendue et en pots	Parking de 18 Kowloon East à Kowloon Bay, Hong Kong China, conceptualisée par Aedas	ND		ND	ND	ND	<a href="http://www.urbanpeek.com/2011/12/11/18-kowloon-east-by-aedas/">http://www.urbanpeek.com/2011/12/11/18-kowloon-east-by-aedas/</a>
Suspendue	Parking de National Grid, Angleterre par One World Design. La végétalisation la plus grande de l'Europe en 2015	Plantes implantées dans des bacs à sol fixés à la façade		1.027 m <sup>2</sup> ; plus que 97.000 plantes ; 20 espèces ; entre autres fraises menthe (-guêpes), hébés (+papillons), petite pervenche (+abeilles) ; plupart des plantes à feuillage persistant ; nichoirs pour oiseaux et insectes	ND	ND	<a href="http://www.inhabitat.com/national-grid-builds-europes-largest-living-wall/">http://www.inhabitat.com/national-grid-builds-europes-largest-living-wall/</a> <a href="http://www.nationalgridconnecting.com/wonder-wall/">http://www.nationalgridconnecting.com/wonder-wall/</a> <a href="http://www.newatlas.com/largest-living-wall-europe-uk-national-grid/37831/">http://www.newatlas.com/largest-living-wall-europe-uk-national-grid/37831/</a>
En pots	Hall des sports, St. Dominic's College, Angleterre	550 m <sup>2</sup> Jakob Webnet		ND	ND	ND	<a href="http://www.green-walls.co.uk/projects/view/st-dominics-college-harrow/">http://www.green-walls.co.uk/projects/view/st-dominics-college-harrow/</a>
En pots	Parking Park 'n' Play à Copenhague par JAJA Architects	Structure en ciment ; aux 4 faces plantes grimpantes implantées dans bacs ; inspiré au Centre Pompidou à Paris		Toiture partiellement végétalisée ; aires de jeu ;	ND	ND	<a href="http://www.green-walls.co.uk/projects/view/st-dominics-college-harrow/">http://www.green-walls.co.uk/projects/view/st-dominics-college-harrow/</a>
En pleine terre et en pots	Parc MFO à Zurich, Suisse de Burckhardt+Partner SA	Structure de parois grillagées		100 m de long, 34 m de large, 18 m de haut ; plantes grimpantes, mousses, bassins	ND	ND	<a href="http://www.burckhardtpartner.ch/fr/references/items/nouveau-parc-mfo.html">http://www.burckhardtpartner.ch/fr/references/items/nouveau-parc-mfo.html</a>
En pleine terre	US Census Bureau HQ Parking Garage	Grille métallique		ND	ND	ND	<a href="http://www.samplearchitecture.com/">http://www.samplearchitecture.com/</a> cf. projets
En pleine terre	Westin Parking Garage, Ft. Lauderdale Florida. Poma Construction	Grille en aluminium		ND	ND	ND	<a href="http://www.pomaonline.com/sunshades-and-screens.html">http://www.pomaonline.com/sunshades-and-screens.html</a>
En pleine terre	Parasol/ paravent vert. Résidence à Saitama, Japon. Conceptualisé par Hideo Kumaki Architect	Filet suspendu		ND	ND	ND	<a href="https://www.homeadore.com/2013/10/14/green-screen-house-hideo-kumaki/">https://www.homeadore.com/2013/10/14/green-screen-house-hideo-kumaki/</a>