

Les nouvelles ressources de Genève

15 ans de travaux en écologie industrielle :
résultats et perspectives



Pour en savoir plus :
www.ge.ch/ecosite

Pour toute question ou pour obtenir ce document :
Info-Service
022 546 76 00
Info-service-deta@etat.ge.ch

PRÉFACE



S'il est utile de promouvoir des concepts, il importe avant tout de les concrétiser. En matière d'écologie industrielle, c'est ce qu'a réussi à faire Genève.

Sur la base d'une première étude du métabolisme industriel cantonal réalisée il y a une quinzaine d'années, plusieurs réalisations concluantes ont en effet été menées à bien. Au fil des ans, de nombreuses entreprises ont ainsi intégré une démarche bénéfique d'un point de vue économique et environnemental.

Mais le processus n'est pas clos, loin s'en faut. Il est au contraire appelé à s'amplifier dans le futur, puisque l'écologie industrielle et l'économie circulaire sont synonymes de nouvelles ressources pour Genève. Cet essor est notamment facilité grâce à la création de la plateforme *genie.ch*, premier réseau social pour l'écologie industrielle.

Si Genève a été pionnière et qu'elle est aujourd'hui exemplaire en matière d'écologie industrielle, c'est grâce à l'engagement de divers acteurs qu'il m'importe de remercier. Il s'agit d'une part des porteurs institutionnels et privés de ce vaste projet, qui ont su donner les impulsions nécessaires et décisives au fil des ans. Il s'agit naturellement, d'autre part, des diverses entreprises qui ont cru en cette démarche et en ses opportunités.

La présente brochure se veut le témoin de l'implication et de la créativité de ces partenaires. Elle constitue par ailleurs une étape dans un processus fondamental pour le dynamisme de notre économie. Il s'agit au final de donner la plus large visibilité à nos ambitions, afin de tirer profit de ces précieuses nouvelles ressources.

Luc Barthassat, *conseiller d'Etat*

Direction de la publication : direction générale de l'environnement - **Rédaction** : Suren Erkman, Université de Lausanne, Guillaume Massard, Sofies SA et Université de Lausanne, Stéphanie Cariage et Ariane Bussard, Sofies SA

Conception, réalisation : Atelier Christine Serex Genève - **Photographies** : Cathy Tissot et David Mayenfisch <http://tissot.mayenfisch.com>
sauf pp. 6 et 7 vue aérienne ©Lightmotif-Blatt (novembre 2010), p. 35 encadré 6 ©Terrabloc, p. 75 encadré 19 ©Givaudan

Impression : Atar Roto Presse SA (*impression sur papier 100% recyclé Cyclus Print*) - Genève 2015

SOMMAIRE

PRÉFACE	3		
1. INTRODUCTION	6		
1.1 SITUATION ET ENJEUX DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE À GENÈVE	9		
UNE RÉGION DYNAMIQUE	9		
DENSIFIER POUR PLUS D'EFFICACITÉ	10		
LA POLITIQUE FÉDÉRALE ENCOURAGE UN DÉVELOPPEMENT DURABLE	11		
L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE, UNE APPROCHE PRAGMATIQUE FAVORISANT L'INNOVATION	11		
1.2 ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE : DE QUOI S'AGIT-IL ?	12		
APPLICATION DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE À GENÈVE	13		
1.3 DYNAMIQUE INSTITUTIONNELLE DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE	15		
LA LOI AGENDA 21 ET LE GROUPE DE TRAVAIL ÉCOSITE	15		
CONSTITUTION DE LA RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE DU 14 OCTOBRE 2012	16		
LOI CANTONALE SUR L'ÉNERGIE	16		
LE PLAN DIRECTEUR CANTONAL 2015 - 2030 : PIERRE ANGULAIRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE	17		
LE CONCEPT CANTONAL ENVIRONNEMENT 2030	17		
LE CONCEPT ÉCOPARC INDUSTRIEL DE LA FONDATION POUR LES TERRAINS INDUSTRIELS DE GENÈVE (FTI)	17		
LOI GÉNÉRALE SUR LES ZONES DE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL OU D'ACTIVITÉS MIXTES (LZIAM)	19		
1.4 LES PRINCIPAUX ACTEURS	21		
L'ÉTAT DE GENÈVE	21		
LES RÉGIES PUBLIQUES	23		
LES COMMUNES	23		
LES SOUTIENS À L'INNOVATION	25		
2. ÉTUDES ET RÉALISATIONS D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE À GENÈVE	26		
2.1 LE MÉTABOLISME DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES	29		
PROLONGATIONS DE L'ÉTUDE DU MÉTABOLISME GÉNEVOIS	30		
2.2 LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	33		
ACTION : UNE MEILLEURE UTILISATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	35		
2.3 LES MÉTAUX	39		
ÉTUDE : FLUX ET STOCKS DE CUIVRE À GENÈVE	39		
2.4 L'AGRICULTURE ET LA GESTION DE LA BIOMASSE	45		
ÉTUDE : MÉTABOLISME AGRICOLE ET VALORISATION DES RESSOURCES LOCALES	46		
ACTION : UN LABEL POUR VALORISER LES CIRCUITS COURTS	46		
ÉTUDE : ANALYSE DE CYCLE DE VIE DE LA PRODUCTION LOCALE	46		
SOLUTIONS D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE	47		
2.5 L'ÉNERGIE	53		
ACTION : LA PLANIFICATION ÉNERGÉTIQUE TERRITORIALE, UN OUTIL D'ANALYSE DES FLUX ÉNERGÉTIQUES D'UN TERRITOIRE URBAIN	54		
ACTION : RÉSEAUX ÉNERGÉTIQUES ET INFRASTRUCTURES PARTAGÉES	54		
ACTION : LE PROGRAMME ÉCO21	56		
2.6 LA GESTION DE L'EAU	61		
ÉTUDE : BONNES PRATIQUES POUR LA GESTION DE L'EAU	61		
ÉTUDE : LE LIEN ENTRE L'EAU ET LE PHOSPHORE	62		
2.7 LE TRANSPORT DE MARCHANDISES	65		
ÉTUDE : CONNAÎTRE LES FLUX DE MARCHANDISES À GENÈVE ET LEURS IMPACTS	65		
ÉTUDE : LE TRANSPORT DE MARCHANDISES À L'ÉCHELLE DU GRAND GENÈVE	66		
PERSPECTIVES POUR LE DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL	67		
2.8 LES SYMBIOSES INDUSTRIELLES, NOUVELLES PRATIQUES ET MODÈLES D'AFFAIRES	69		
ÉTUDE : POTENTIEL DE SYMBIOSES INDUSTRIELLES À GENÈVE	70		
ACTION : ACCÉLÉRATION ET FACILITATION DE LA MISE EN ŒUVRE, LE CONCEPT ÉCOPARC INDUSTRIEL DE LA FTI	72		
ACTIONS : LA PLATEFORME COLLABORATIVE GENIE.CH	73		
PERSPECTIVES : L'ÉCONOMIE SOCIALE ET SOLIDAIRE	73		
3. PERSPECTIVES	76		
3.1 PERSPECTIVES POLITIQUES ET INSTITUTIONNELLES	79		
COMPRENDRE ET MONITORER	79		
DENSIFIER DE MANIÈRE HARMONIEUSE	80		
FACILITER L'ÉMERGENCE DE PROJETS	80		
ATTIRER DES INVESTISSEURS POUR MULTIPLIER LES PROJETS	80		
LA PESÉE DES INTERÊTS, UNE APPROCHE MULTIACTEURS	81		
LE GRAND GENÈVE OUVRE DES PERSPECTIVES	81		
3.2 PERSPECTIVES D'ACTION	83		
POURSUIVRE LE DÉVELOPPEMENT DES CLEANTECHS ET DES SYMBIOSES INDUSTRIELLES	83		
BIBLIOGRAPHIE CHRONOLOGIQUE	84		
Liste des personnes consultées, Liste des entreprises consultées	85		
Liste des illustrations, Liste des encadrés	86		
Liste des abréviations	87		





| INTRODUCTION



INTRODUCTION

1.1 SITUATION ET ENJEUX DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE À GENÈVE

En ce début de XXI^{ème} siècle, le modèle économique de notre société industrielle moderne dépend plus que jamais de l'extraction et de l'utilisation de ressources naturelles. L'accès à certaines de ces ressources va devenir plus problématique, compte tenu de la poursuite du développement économique et de l'accroissement démographique à l'échelle globale.

Le canton de Genève n'échappe pas à cette dynamique de pression croissante sur les ressources. Son territoire exigu et son développement économique le rendent fortement dépendant de produits importés.

Une région dynamique

D'une manière générale, l'économie genevoise est aujourd'hui prospère et performante. Toutefois, elle comporte une part de fragilité, étant très dépendante de ressources importées, notamment des agents énergétiques fossiles et des aliments (malgré une agriculture locale très active). De nombreuses innovations technologiques, ainsi que sociales et économiques, devront ainsi être conçues et mises en pratique dans les années à venir, afin de rendre notre économie plus robuste.

Pour approcher de manière cohérente le développement du tissu économique genevois, il faut considérer l'ensemble de l'agglomération franco-valdo-genevoise, aussi appelée «Grand Genève» (**Encadré 1**). Les différents territoires de cette agglomération sont complémentaires, mais on constate de forts déséquilibres quant à la répartition des résidents actifs et des emplois disponibles. Cette situation génère un important trafic pendulaire, qui occasionne de nombreuses nuisances, aussi bien environnementales que liées à la surcharge des infrastructures de transport.

◀ *Le recyclage des matériaux de démolition préserve les ressources naturelles. Par ailleurs, le recyclage diminue les quantités de matériaux à mettre en décharge (Gravière de Montfleury, p. 36).*

Encadré 1 L'agglomération franco-valdo-genevoise (Grand Genève)

L'agglomération franco-valdo-genevoise englobe un territoire de 2'000 km² à cheval entre les cantons de Genève et de Vaud côté suisse, et les départements de l'Ain et de la Haute-Savoie côté français. Composée de 212 communes, l'agglomération compte plus de 900'000 habitants et représente environ 450'000 emplois.

Sa gouvernance est assurée par le Groupement local de coopération transfrontalière (GLCT), une structure de droit public suisse qui dispose de la capacité juridique et de l'autonomie budgétaire. Le GLCT réalise, organise et gère le lancement d'études et démarches nécessaires à la réalisation et à l'approfondissement du Projet d'agglomération (<http://www.grand-geneve.org>).



Densifier pour plus d'efficacité

Le dynamisme économique et la croissance de la population du Grand Genève incitent le canton à densifier le territoire pour répondre à ses besoins. En effet, la disponibilité en terrains additionnels se trouve de plus en plus limitée. Les nouveaux projets en emprise sur la zone agricole deviennent toujours plus difficiles à justifier envers la Confédération et la population. Genève est aujourd'hui proche des limites minimales de surfaces d'assolément obligatoires.

La planification doit ainsi tenir compte de l'agglomération dans son ensemble. Tel est le cas avec le Projet d'agglomération. Ce Projet, conçu à partir du principe d'une **agglomération compacte, multipolaire et verte**, favorise des économies de ressources, à commencer par les terrains.

La politique fédérale encourage un développement durable

Genève dispose de plusieurs instruments nationaux, en particulier sous l'égide de l'Office fédéral de l'environnement et de l'Office fédéral de l'énergie. On peut mentionner notamment :

*Le Plan d'action Economie verte*¹, adopté par le Conseil fédéral le 8 mars 2013, vise à ménager les ressources naturelles tout en renforçant l'économie. Ce Plan fixe des priorités dans plusieurs domaines: la production et la consommation, l'utilisation des matières premières et des déchets, une fiscalité écologique, ainsi que la promotion et l'encouragement des technologies propres (cleantechs).

Quant au concept de la *Société à 2000 watts*, il vise deux objectifs: limiter la consommation d'énergie primaire et réduire les émissions de gaz à effet de serre - tout en maintenant le niveau de confort actuel². Dans cette perspective, la Suisse devrait diviser par 3 sa consommation d'énergie primaire et par 8 ses émissions de gaz à effet de serre. Ces objectifs constituent des buts idéaux vers lesquels il faudrait tendre à long terme (à l'horizon 2100), il ne s'agit pas de les prendre au pied de la lettre. Néanmoins, le canton de Genève s'est engagé en faveur du concept de la Société à 2000 watts, en développant de nombreux programmes d'efficacité énergétique, de réduction de la consommation, et de promotion des énergies renouvelables.

¹ <http://tinyurl.com/PlanEcoVerte>

² <http://www.2000watt.ch/fr/>

³ <http://tinyurl.com/GreenKP>

L'écologie industrielle, une approche pragmatique favorisant l'innovation

Le canton de Genève a développé depuis plusieurs décennies un grand nombre de projets et d'initiatives destinés à rendre ses activités plus respectueuses de l'environnement. En particulier, et de manière pionnière, le canton utilise depuis 2001 le cadre conceptuel de l'**écologie industrielle** pour mettre en œuvre une gestion durable des ressources.

Le présent document a pour objectif de présenter la dynamique institutionnelle ayant accompagné de nombreux projets d'écologie industrielle à Genève au cours des quinze dernières années. Il propose également une analyse des instruments et pratiques actuelles, des exemples de réalisations, ainsi que des recommandations pour des projets futurs.

L'engagement genevois en faveur de l'écologie industrielle s'inscrit aussi dans le contexte particulier de la Genève internationale, laquelle joue un rôle de premier plan dans la gouvernance mondiale de l'environnement (Encadré 2).

Encadré 2 La Genève internationale et l'environnement

La Genève internationale, avec son rôle de capitale traditionnelle de la paix et des droits de l'homme, héberge une cinquantaine d'organisations internationales publiques ou privées dont la mission est liée à l'environnement. Genève, en collaboration avec la Confédération, a intensifié son engagement dans ce domaine depuis une vingtaine d'années, avec la création de la Maison internationale de l'environnement, du Réseau environnement de Genève et de la Green Growth Knowledge Platform³.

1.2 ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE : DE QUOI S'AGIT-IL ?

A Genève, l'écologie industrielle figure aujourd'hui dans de nombreux textes légaux et de planification. Cependant, l'expression intrigue, et mérite d'être clarifiée.

Les deux termes ont ici un sens bien précis :

- «Écologie» fait référence à l'écologie scientifique, qui étudie les différents milieux où vivent les organismes vivants;
- «Industriel» désigne, au sens large, l'ensemble des activités économiques dans la société technologique moderne.

Dans cette optique, la consommation des ménages, les services de santé, les télécommunications, l'informatique, la finance, le tourisme, les loisirs, etc., sont considérés comme des activités industrielles, au même titre que l'agriculture, l'extraction des matières premières, et la fabrication des produits. L'écologie industrielle a pour objectif de faire évoluer le système économique, non durable dans sa forme actuelle, pour le rendre viable à long terme et compatible avec le fonctionnement normal des écosystèmes naturels. En pratique, il s'agit notamment d'utiliser les ressources de manière beaucoup plus efficace. A cette fin, il semble logique de s'inspirer de la Biosphère, puisque les écosystèmes naturels représentent le seul exemple connu à ce jour de système vivant hautement évolué et viable à long terme.

La notion d'écologie industrielle étant très large, elle apparaît parfois sous différentes appellations désignant tel ou tel aspect particulier : économie verte, économie circulaire, etc. (Encadré 3)

Encadré 3 Petit lexique de l'écologie industrielle

L'**analyse de cycle de vie (ACV)**, ou **écobilan**, évalue les impacts environnementaux potentiels d'un produit ou d'un service, en considérant toutes les étapes de son cycle de vie : l'extraction et la transformation des ressources, la production, la distribution, l'usage et la fin de vie. Cette méthode normalisée (ISO 14040 à 14043) permet notamment d'identifier à quelles étapes du cycle de vie d'un produit se trouvent les principaux potentiels d'amélioration.

L'**éco-design** (ou **éco-conception**) est une procédure d'optimisation environnementale qui a pour objectif l'intégration de critères environnementaux dès la phase de design d'un produit. L'ACV est souvent utilisée dans les démarches d'éco-design.

L'**éco-efficacité** est un concept de management encourageant les acteurs économiques à rechercher des améliorations environnementales tout en augmentant simultanément la performance économique d'un produit ou d'un service. Elle favorise ainsi l'innovation et donc la croissance et la compétitivité économiques.

Les **symbioses industrielles et territoriales** constituent une application particulière de l'écologie industrielle. A l'image des interactions constatées entre certaines espèces dans les écosystèmes naturels, les symbioses industrielles visent à susciter de nouvelles collaborations entre les différents acteurs économiques d'un territoire, dans une recherche collective de performance environnementale et économique. Les symbioses industrielles favorisent le développement de réseaux d'échanges collaboratifs ainsi que de gestion mutuelle des ressources naturelles et des déchets. Elles favorisent la réutilisation des matières premières, des produits et des déchets à l'échelle locale et régionale, en proposant de nouvelles manières d'organiser les activités économiques sur un territoire.

L'**économie circulaire** se focalise sur un autre principe de mise en oeuvre de l'écologie industrielle : la minimisation des déchets grâce à une utilisation quasiment cyclique des flux de ressources. En s'inspirant du fonctionnement largement cyclique des écosystèmes naturels, elle vise à créer simultanément de la valeur économique, sociale et environnementale.

Les **circuits courts** décrivent des systèmes économiques localisés, dont les activités de production, transformation, consommation et fin de vie se déroulent autant que possible dans une zone géographique restreinte. Cela permet de réduire les impacts environnementaux liés aux transports et de favoriser l'économie locale.

Le terme «**cleantechs**» englobe les technologies, les produits, les processus et les services efficaces, permettant d'économiser l'énergie et les ressources. Elles englobent les énergies renouvelables, les matériaux recyclables, les techniques de traitement de l'eau, de l'air, et des déchets, etc.

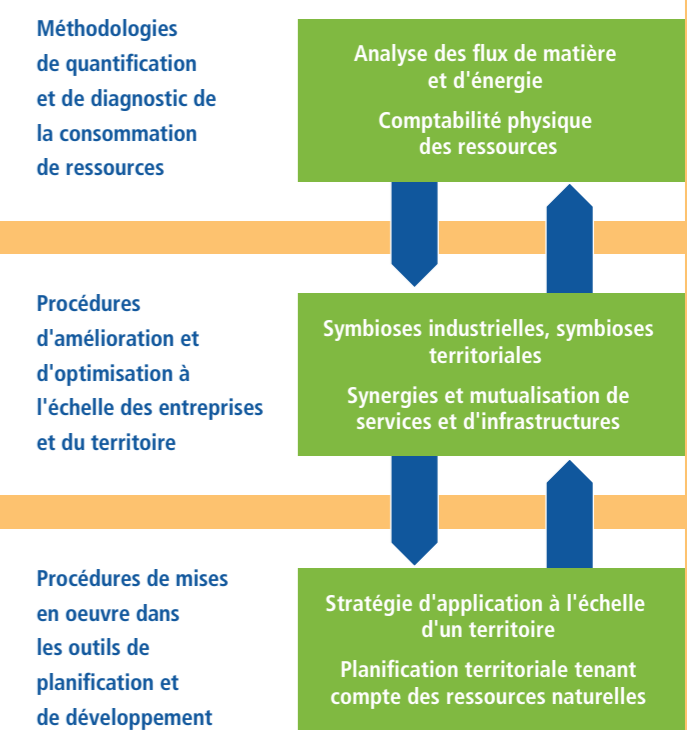
L'**économie verte** met l'accent sur les enjeux de développement social, tout en visant à rendre les modes de production et de consommation moins gourmands en ressources. Elle soutient l'amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale tout en réduisant de manière significative les risques environnementaux et la pénurie de ressources. Son application en Suisse compte en priorité sur les efforts volontaires consentis par l'économie. Au plan global, une quarantaine de pays en développement disposent déjà de plans stratégiques pour mettre en oeuvre l'économie verte, sous l'égide des Nations Unies. (Voir : <http://www.unep.org/french/greeneconomy/>)

Application de l'écologie industrielle à Genève

L'écologie industrielle offre une perspective bien plus large que la seule valorisation des déchets. Elle vise à optimiser l'usage de l'ensemble des ressources, afin de rendre l'économie plus robuste et plus compétitive, tout en minimisant les impacts sur l'environnement. Elle s'intéresse également à l'évolution du système industriel dans sa globalité et à long terme, à l'aide d'outils et de méthodologies spécifiques. Plusieurs de ces outils, en particulier l'analyse des flux de matière, ont été utilisés à Genève depuis une quinzaine d'années (Encadré 4).

A Genève, l'écologie industrielle intervient à différents niveaux de l'action publique, et fait aujourd'hui partie des instruments d'aide à la décision pour les politiques publiques (voir Illustration 2).

Illustration 2
Les niveaux d'action de l'écologie industrielle à Genève



Encadré 4 Comprendre le métabolisme de notre économie

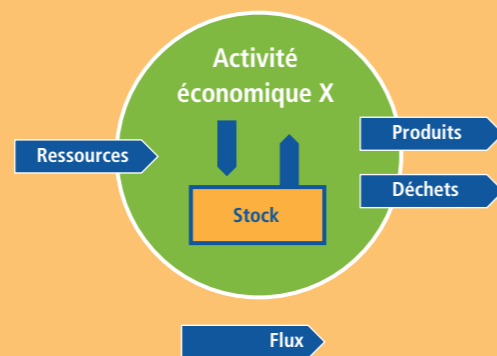
Le métabolisme des activités économiques (on parle également de métabolisme industriel) est l'étude systématique des flux et des stocks de ressources nécessaires au fonctionnement de l'économie : eau, air, gravier, sable, pétrole, gaz, métaux, bois, aliments, etc. On peut étudier le métabolisme à différentes échelles : un ménage, un immeuble, une entreprise, un quartier, une ville (métabolisme urbain) ou un territoire (on parle alors de métabolisme territorial).

L'étude du métabolisme utilise la méthodologie de l'analyse de flux de matière (en anglais Material Flow Analysis - MFA), qui évalue les quantités de ressources extraites, transformées, consommées, stockées et finalement relâchées dans l'environnement. L'analyse des flux et stocks de matière repose sur le principe de conservation de la masse (et de l'énergie) : la quantité de matière qui entre dans un procédé économique doit être identique à la quantité de matière qui en ressort, aux variations du stock près.

L'analyse de flux de matière permet ainsi de réaliser une **comptabilité physique**, pour estimer et suivre la consommation de ressources d'un territoire à intervalles réguliers, en complément de la comptabilité financière publique traditionnelle. Le MFA sert également de base pour élaborer de nouveaux indicateurs de la performance environnementale des activités économiques, par exemple la quantité de matières premières nécessaires pour générer un franc de produit intérieur brut.

Illustration 3
Schéma de principe des études de flux de matière

Métabolisme des ressources matérielles (Material Flow Analysis - MFA)



Principe : conservation de la masse et de l'énergie

1.3 DYNAMIQUE INSTITUTIONNELLE DE L'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

Genève est le premier canton suisse à avoir introduit l'écologie industrielle de manière explicite dans ses politiques publiques. Au fil du temps, l'écologie industrielle s'est ainsi trouvée intégrée dans plusieurs textes législatifs et autres documents officiels, créant progressivement une dynamique institutionnelle, dont les éléments principaux sont brièvement présentés ici.

La Loi Agenda 21 et le Groupe de travail Ecosite

Dans la foulée du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, le Grand Conseil genevois dépose en mai 1996 une motion demandant la mise en place d'un Agenda 21 cantonal. En 1999, un rapport de synthèse intitulé *21 actions pour entrer dans le XXI^{ème} siècle*⁴ est réalisé par la société pour la protection de l'environnement (SPE), sur mandat du département de l'action sociale et de la santé (DASS). Suite à une procédure de consultation publique, la «Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable» (en abrégé Loi Agenda 21) entre en vigueur le 19 mai 2001. Elle pose les bases juridiques pour la réalisation d'un Agenda 21 cantonal. Son article 12, intitulé Ecosite⁵, directement inspiré de la notion d'écologie industrielle, stipule que :

*Citation : Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable. Art. 12 (2001 – 2009)
L'Etat favorise la prise en compte des synergies possibles entre activités économiques, en vue de minimiser leur impact sur l'environnement*

Afin de rendre cet article 12 opérationnel, le groupe de travail Ecosite a été constitué sur mandat du Conseil d'Etat en décembre 2002. Dissous en 2012, il s'agissait d'un organe de réflexion et de concertation interdépartemental, ayant pour objectif la mise en œuvre de l'écologie industrielle afin d'intégrer une nouvelle approche des questions d'environnement et de développement économique dans les politiques publiques. Le groupe de travail réunissait des représentants de différents services de l'Etat: service cantonal de gestion des déchets (GEDEC), service cantonal de l'énergie (SCANE), service cantonal du développement durable (SCDD),

⁴ <http://tinyurl.com/21Actions>

⁵ <http://www.ge.ch/ecosite>



◀ Ciné Transat, cinéma d'été à la Perle du Lac. Les pelouses sont arrosées par l'eau de refroidissement du quartier des Nations (Réseau Genève-Lac-Nations, pp. 55 et 63).

direction générale des affaires économiques (DGAE), office des bâtiments (OBA), fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI).

La loi Agenda 21 comprend des objectifs spécifiques pour chaque législature, qui sont régulièrement évalués. Cette loi se trouve alors adaptée en fonction des besoins identifiés pour la législature suivante. Après deux législatures, l'article 12 de la Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable a ainsi été modifié fin 2010. Désormais intitulé «Ressources naturelles», l'article 12 a une nouvelle teneur:

Citation : Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable. Art. 12 (dès 2010)

L'Etat œuvre pour la diminution de la consommation des ressources naturelles et la limitation de la dépendance du canton vis-à-vis de ces dernières. A cet effet, il élabore un plan d'action.

La loi Agenda 21 actuelle (LDD A 2 60) ne comporte plus d'objectifs quadriennaux inscrits directement dans la loi comme c'était le cas depuis 2001. En 2014, le Grand Conseil a pérennisé cette loi. Elle est désormais accompagnée d'un concept cantonal de développement durable dans lequel figure des objectifs spécifiques.

L'importance de la mise en place d'un groupe de travail comme Ecosite réside en particulier dans le fait qu'il a permis une diffusion large du concept d'écologie industrielle, notamment son inclusion dans des documents de mission des organes de l'Etat.

Constitution de la République et Canton de Genève du 14 octobre 2012

Adoptée en 2012, la nouvelle Constitution cantonale mentionne l'écologie industrielle dans son article 161. L'introduction de cette notion dans la Constitution permet d'assurer la cohérence entre les différents offices et organismes publics impliqués dans sa mise en œuvre sur le terrain.

Citation : Constitution Genevoise, Art. 161

1 L'Etat respecte les principes de l'écologie industrielle.

Loi cantonale sur l'énergie

Adoptée en 2009, la loi genevoise sur l'énergie (L 230) vise à réduire fortement la consommation énergétique globale – sans pour autant diminuer la qualité de vie – tout en recourant le plus possible aux sources d'énergie renouvelables. Afin d'atteindre ses objectifs, la loi pose un certain nombre d'exigences⁶. En adaptant sa législation aux réalités énergétiques et économiques actuelles, Genève se donne les moyens de réaliser une politique énergétique novatrice, basée sur les principes de la Société à 2000 Watts sans électricité nucléaire.

Depuis 2009, l'écologie industrielle figure dans l'article 11 de cette loi, dans la perspective de la planification énergétique territoriale. Cette approche consiste à prendre en compte l'énergie dans les projets d'aménagement du territoire. Il s'agit d'élaborer des concepts énergétiques territoriaux (comprenant des stratégies d'approvisionnement et des scénarios de valorisation des ressources locales), qui se trouvent intégrés dans les plans directeurs communaux, les plans localisés de quartier, les plans des zones industrielles et des zones agricoles spéciales.

⁶ <http://ge.ch/energie/contexte>

Citation : Loi sur l'énergie. Art. 11 Coordination des plans directeurs

1 Les autorités compétentes veillent à ce que les divers plans directeurs, tel que le plan directeur cantonal d'aménagement du territoire, tiennent compte de la conception générale en matière d'énergie et du plan directeur des énergies de réseau.

2 En matière d'aménagement du territoire, les plans directeurs de quartier, les plans localisés de quartier, les plans localisés agricoles et les plans visés à l'article 13, alinéa 1, lettre b, de la loi d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, du 4 juin 1987, comportent un concept énergétique territorial. Ces deux dernières catégories de plans répondent aux principes de l'écologie industrielle.

Le plan directeur cantonal 2015 - 2030 : pierre angulaire de l'aménagement du territoire

Le plan directeur cantonal 2030 (PDCn 2030) est l'outil supérieur de l'aménagement du territoire. Il envisage un potentiel de 50'000 nouveaux logements à l'horizon 2030 et contribue à la constitution d'une agglomération compacte, verte et multipolaire. Il permet de définir des zones agricoles, industrielles et mixtes, tout en favorisant une utilisation efficace des ressources.

Accepté en 2013, il mentionne dans son principe 4 la cohérence avec l'écologie industrielle. A ce stade, il s'agit d'une déclaration d'intention, car il n'existe pas encore de système de monitoring pour le concrétiser, avec des indicateurs liés à l'urbanisation, les logements, l'utilisation du sous-sols, etc. Néanmoins, certaines thématiques liées à la planification contribuent à une utilisation rationnelle des ressources : la logistique urbaine, la mutualisation de la production d'énergie, le développement d'une stratégie pour l'implantation des entreprises, en lien avec la loi générale sur les zones de développement industriel ou d'activités mixtes (L 1 45).

Citation: Principe 4 du Plan directeur cantonal - Offrir des conditions favorables aux activités industrielles

Objectif : maintenir une économie diversifiée à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise, dans le respect des critères du développement durable.

La planification localisée vise à :

- Encourager la densification des sites industriels
- Encourager la présence d'équipements et services
- Intégrer les objectifs environnementaux et de l'écologie industrielle

Le concept cantonal Environnement 2030

Le concept Environnement 2030, élaboré par la direction générale de l'environnement, émet des préconisations afin d'intégrer les questions environnementales dans le développement du canton. Il propose en particulier d'opérer une transition environnementale qui consiste à anticiper et à intégrer la protection de l'environnement dans l'ensemble des activités socio-économiques. Les travaux réalisés depuis 2002 sous l'égide du groupe de travail Ecosite permettent aujourd'hui d'utiliser l'écologie industrielle comme réponse appliquée aux deux premiers objectifs du concept Environnement 2030 : augmenter la durabilité énergétique, conserver et développer les ressources naturelles locales.

Le concept écoParc industriel de la fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI)

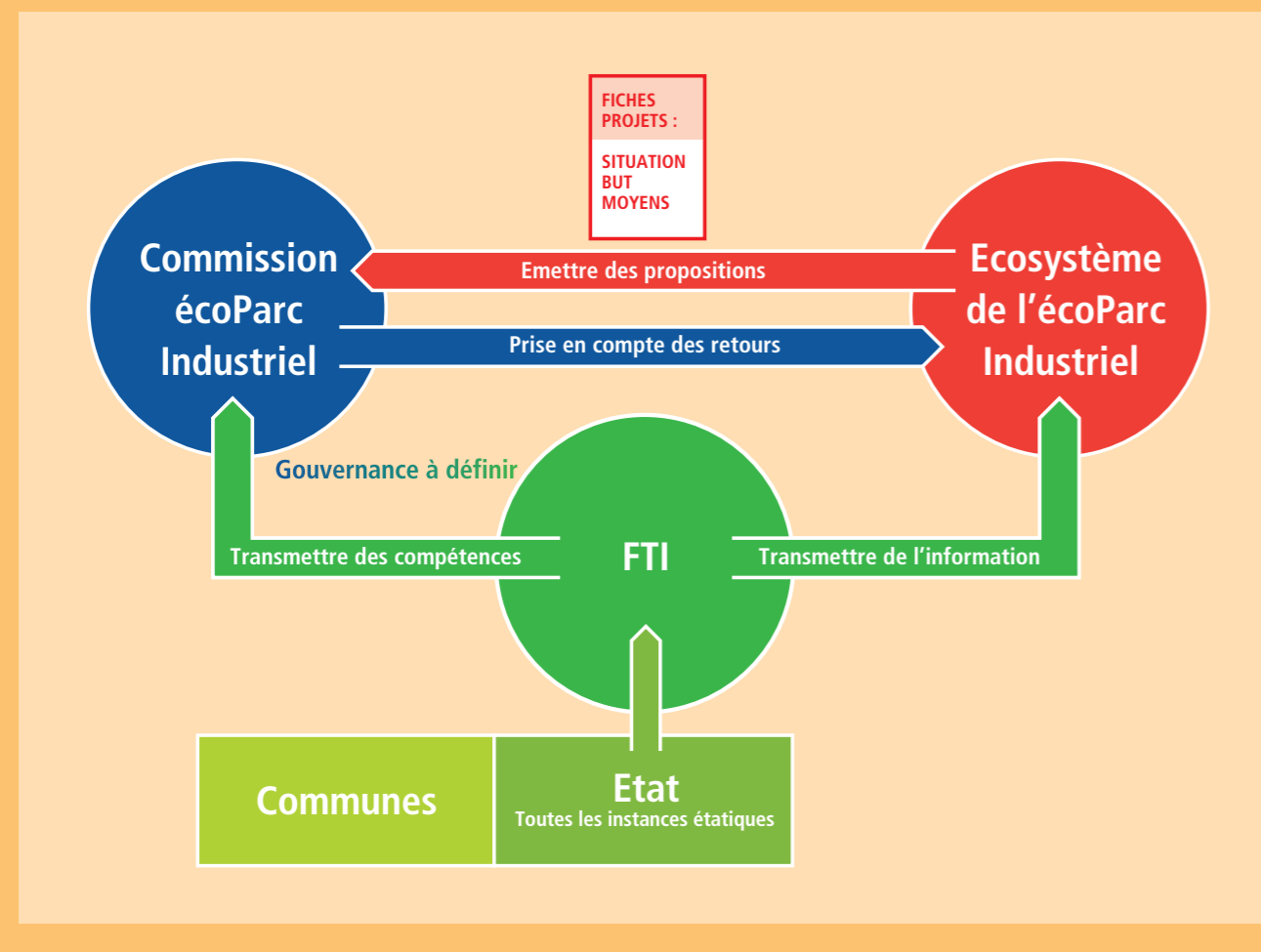
La FTI définit un écoParc industriel comme une zone industrielle et artisanale conçue et gérée de manière participative, notamment par la présence d'une association des entreprises, qui interagit positivement avec la collectivité et le territoire⁷.

⁷ <http://www.fti.geneva.ch/fr/content/écoparc-industriels>

Les principes d'aménagement d'un tel écoParc, sa gouvernance de proximité et ses usages, concourent à soutenir la performance économique, environnementale et sociétale, tant des entreprises que de la communauté d'accueil. En pratique, le concept prévoit la mise en place de structures de gouvernance dans dans chaque écoParc industriel du canton.

La stratégie de la FTI comprend également des projets de développement industriel incluant des synergies (ou symbioses) entre les différents acteurs concernés : entreprises, collectivités locales, etc. Les deux sujets prépondérants concernent la mutualisation des transports et de la logistique, ainsi que les symbioses industrielles dans le domaine énergétique.

Illustration 4
Rôles et interactions des acteurs impliqués dans un écoParc

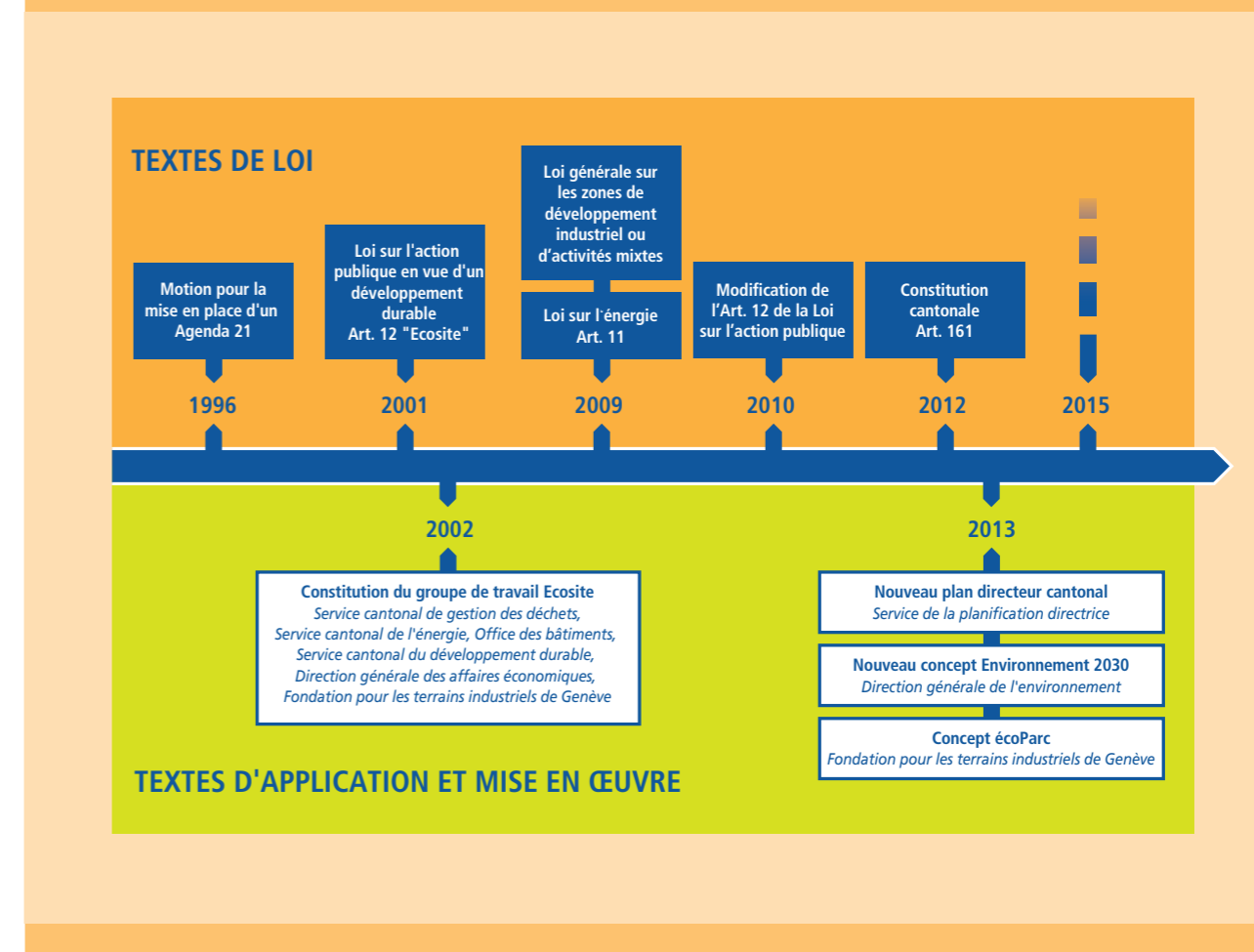


Loi générale sur les zones de développement industriel ou d'activités mixtes (LZIAM)

La nouvelle loi sur les zones de développement industriel ou d'activités mixtes (L 1 45), révisée en 2009, permet la réalisation de zones de développement d'activités mixtes. Ce sont des zones comprenant au minimum 60% d'activités du secteur secondaire (industrie et artisanat), le reste étant affecté au tertiaire. Ces nouvelles dispositions offrent

aux autorités, ainsi qu'à la FTI, un nouvel outil de pilotage des zones industrielles. La mixité proposée permet de densifier les espaces disponibles pour une meilleure utilisation du foncier, et de favoriser des espaces communs entre les secteurs secondaire et tertiaire. L'accroissement de la densité et de la mixité favorise l'émergence de symbioses industrielles, tels que des réseaux de chaleur et la mutualisation d'espace et de services.

Illustration 5
Textes de loi et activités de mise en œuvre de l'écologie industrielle à Genève





◀ écoParc du Bois-de-Bay. Située au bord du Rhône, cette zone concentre des activités industrielles lourdes et génératrices de nuisances (bruit, poussière).

En particulier :

L'**office cantonal de l'énergie** (OCEN), qui a pour mission de modérer et d'optimiser la consommation énergétique dans le canton de Genève, ainsi que d'encourager la production et l'utilisation d'énergies renouvelables. Parmi les outils pratiques promus par l'OCEN figure en bonne place l'écologie industrielle, par le biais des outils de planification énergétique territoriale. L'OCEN joue un rôle actif de facilitateur pour accélérer la concrétisation d'un nombre croissant de projets énergétiques à l'échelle du territoire cantonal.

La **direction générale de l'environnement** (DGE), qui a pour objectif de protéger les hommes, les animaux et les plantes contre les atteintes nuisibles ou incommodantes. Sa mission inclut la lutte contre l'élimination sauvage des déchets et la conservation des ressources naturelles. Par l'intermédiaire du service de géologie, sols et déchets (GESDEC), la DGE œuvre au développement de l'écologie industrielle. Elle s'occupe en particulier de la gestion des déchets dans une perspective de valorisation et de réutilisation, considérés comme de nouvelles ressources dont l'importance va croître au cours des prochaines décennies.

L'**office de l'urbanisme** (OU), chargé de veiller, avec les communes, à une utilisation mesurée du sol, en coordonnant les activités entraînant des effets sur le territoire et la qualité de vie des habitants. L'OU inclut l'écologie industrielle parmi les thèmes à prendre en compte lors du renouvellement des plans d'aménagement des zones industrielles. La première expérience de ce type est en cours depuis 2012 dans le cadre du grand projet Zimeysaver⁸.

⁸ <http://ge.ch/amenagement/zimeysaver>

La **direction générale de l'eau** (DGEau), responsable de la maîtrise des problèmes complexes posés par la protection et la gestion des eaux. Elle est en charge du schéma de protection, d'aménagement et de gestion des eaux (SPAGE), un outil cantonal destiné à planifier la gestion intégrée des eaux par bassin versant. Le canton de Genève, au travers du SPAGE, coordonne les actions dans le domaine de la gestion des eaux. La DGEau est ainsi impliquée dans les programmes d'utilisation de la ressource et de réutilisation des flux d'eau, en collaboration avec les services industriels de Genève (SIG).

Le **service cantonal du développement durable** (SCDD), qui pilote l'Agenda 21 cantonal et coordonne la mise en œuvre de la loi sur l'action publique en vue d'un développement durable. Le SCDD veille au partage d'expériences et de bonnes pratiques (notamment en matière d'écologie industrielle) entre les communes, les départements de l'Etat et les établissements publics autonomes comme les TPG ou les SIG. Il soutient également le développement de projets du secteur privé par l'intermédiaire du Prix cantonal du développement durable et finance des actions exemplaires dans les communes.

Les régies publiques

Les **services industriels de Genève** (SIG), en tant qu'établissement public autonome, jouent un rôle essentiel dans la mise en œuvre de projets d'écologie industrielle. Les SIG ont ainsi lancé le programme Eco21, destiné à contenir la hausse de la consommation d'électricité et à augmenter la part d'énergies renouvelables pour répondre aux exigences fixées par les politiques énergétiques fédérale et cantonale. Dans le domaine des symbioses industrielles, les SIG jouent un rôle de développeur, financeur et opérateur de projets pour des infrastructures de distribution et d'échange de chaleur et de froid, à l'image du réseau Genève-Lac-Nations (GLN) ou du projet GeniLac⁹.

La **fondation pour les terrains industriels de Genève** (FTI), entreprise de droit public, joue un rôle très actif, car l'écologie industrielle fait partie intégrante de ses missions. La FTI a initié en 2013 le concept des «écoParcs industriels», qui propose à la fois une nouvelle gouvernance des zones industrielles, mais également un soutien à la réalisation de projets liés à l'écologie industrielle.

La FTI, fondée en 1960 d'abord pour coordonner l'aménagement de la zone industrielle Praille-Acacias, a peu à peu étendu sa gestion à d'autres zones industrielles : Meyrin, Satigny, Plan-les-Ouates, Mouille-Galand et Bois-de-Bay. En 2014, elle gère environ 64% des surfaces de ZI du canton sous la forme de droits de superficie, ce qui représente 519 hectares.

Les communes

Les communes ont la responsabilité de la gestion quotidienne de leur territoire. Les actions communales revêtent une importance particulière, puisqu'elles se déroulent au plus proche des réalités du terrain et du quotidien des habitants et des entreprises. Elles jouent également un rôle-clé dans l'application de la nouvelle Constitution entrée en vigueur le 1^{er} juin 2013, ainsi que par leur participation à divers programmes nationaux comme «Cité de l'énergie»¹⁰. Vingt communes sont aujourd'hui certifiées Cité de l'énergie à Genève.

On recense près de 1'800 initiatives communales dans le domaine de l'environnement depuis 2006¹¹. Les communes prennent par exemple l'initiative de préparer des plans localisés de quartier (PLQ) qui sont ensuite avalisés par le canton. Dans le cadre de ces documents, de nombreux projets inspirés par l'écologie industrielle prennent forme, tels que des réseaux de chaleur.

⁹ <http://www.sig-ge.ch/professionnels/grandes-entreprises/les-energies/vos-solutions-de-chaleur-et-de-froid/froid-renouvelable/le-projet-genilac>

¹⁰ <http://www.citedelenergie.ch>

¹¹ Pour de nombreux exemples d'actions des communes genevoises, voir le document : <http://www.genevedurable.ch/PEC/>

Encadré 5

«Récupérer plutôt que jeter» : une action de la Ville de Genève pour la réparation des produits

L'abondance de produits à courte durée de vie (en lien, parfois, avec ce que l'on appelle l'obsolescence programmée) occasionne une surconsommation qui fait l'objet d'une attention accrue depuis quelques années de la part d'organismes publics. Le service Agenda 21 - Ville durable de la Ville de Genève a ainsi mis sur pied, en collaboration avec la fédération romande des consommateurs (FRC), un site de recensement des entreprises, des commerces et des artisans actifs dans la réparation d'objets et situés sur le territoire de la commune. Plus de 60 entreprises et associations contribuant à l'écologie industrielle se trouvent mis en lumière à l'intention de tous ceux qui souhaitent réparer leurs produits et prolonger leur durée de vie utile¹².

¹² <http://www.ge-repare.ch>

Les soutiens à l'innovation

Plusieurs mécanismes de soutien à l'innovation contribuent au dynamisme actuel du tissu économique genevois. Différentes organisations participent à la conception, l'introduction et l'expérimentation de nouveaux modèles d'affaires, de nouvelles technologies et de nouvelles pratiques visant à une meilleure utilisation des ressources. Ces organisations stimulent ainsi l'émergence et la réalisation de démarches d'écologie industrielle à Genève.

Les **institutions académiques** jouent un rôle important dans la recherche et le développement de nouveaux savoirs et de nouvelles technologies. La dynamique de développement de l'écologie industrielle à Genève bénéficie notamment des travaux réalisés à l'université de Genève (UNIGE), la HEAD - Genève (Haute école d'art et design de Genève), la haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA), l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et l'université de Lausanne (UNIL).

Les **incubateurs**, tels que GENILEM (structure d'accompagnement pour les entreprises en phase de démarrage), la fondation communale pour le développement des emplois et du tissu économique en Ville de Genève (FONDETEC), la fondation genevoise pour l'innovation technologique (FONGIT) ou l'office pour la promotion de l'industrie et des technologies (OPI), contribuent largement au développement de nouveaux modèles d'affaires et de nouvelles technologies environnementales. Certains de ces organismes collaborent aujourd'hui avec la Ville de Genève pour décerner le prix «Idées

de développement durable pour les entreprises d'avenir» (IDDEA) destiné à soutenir l'entreprenariat dans le domaine du développement durable. L'OPI décerne également le prix «Cleantechs Genève» pour encourager des technologies environnementales innovantes.

Certaines **associations et entreprises** contribuent à l'innovation, à l'image de Sustainable Finance Geneva, qui imagine des nouveaux modèles financiers pour la rénovation énergétique.

Genève compte également plusieurs bureaux de conseil spécialisés en ingénierie, en énergie ou en urbanisme, disposant des expertises nécessaires pour la réalisation de démarches d'écologie industrielle.

Finalement, le **secteur privé** joue un rôle décisif par le biais d'activités ayant un impact positif sur l'utilisation des ressources. Trois éléments peuvent motiver les entreprises privées à prendre des initiatives en ce sens :

- Adaptation au cadre législatif ou anticipation de nouvelles lois;
- Acquisition d'un avantage concurrentiel par une meilleure image ou la commercialisation d'un nouveau produit ou service;
- Réalisation d'une économie financière grâce à l'économie de ressources.

Compte tenu de la diversité des acteurs concernés, l'Etat joue un rôle particulièrement utile comme coordinateur et facilitateur.





**ÉTUDES ET
RÉALISATIONS**

ÉTUDES ET RÉALISATIONS D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE À GENÈVE

2.1 LE MÉTABOLISME DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

Inscrire l'écologie industrielle dans les lois constitue un excellent point de départ, mais ensuite? Comment aller de l'avant? Et surtout : par où commencer? Quelles sont les priorités d'action pour une démarche d'écologie industrielle?

Pour répondre à ces questions, le groupe de travail Ecosite a initié dès 2001 un travail pionnier de recensement des ressources consommées par les ménages et les activités économiques dans les frontières cantonales (sur la base des données disponibles, qui concernent l'an 2000).

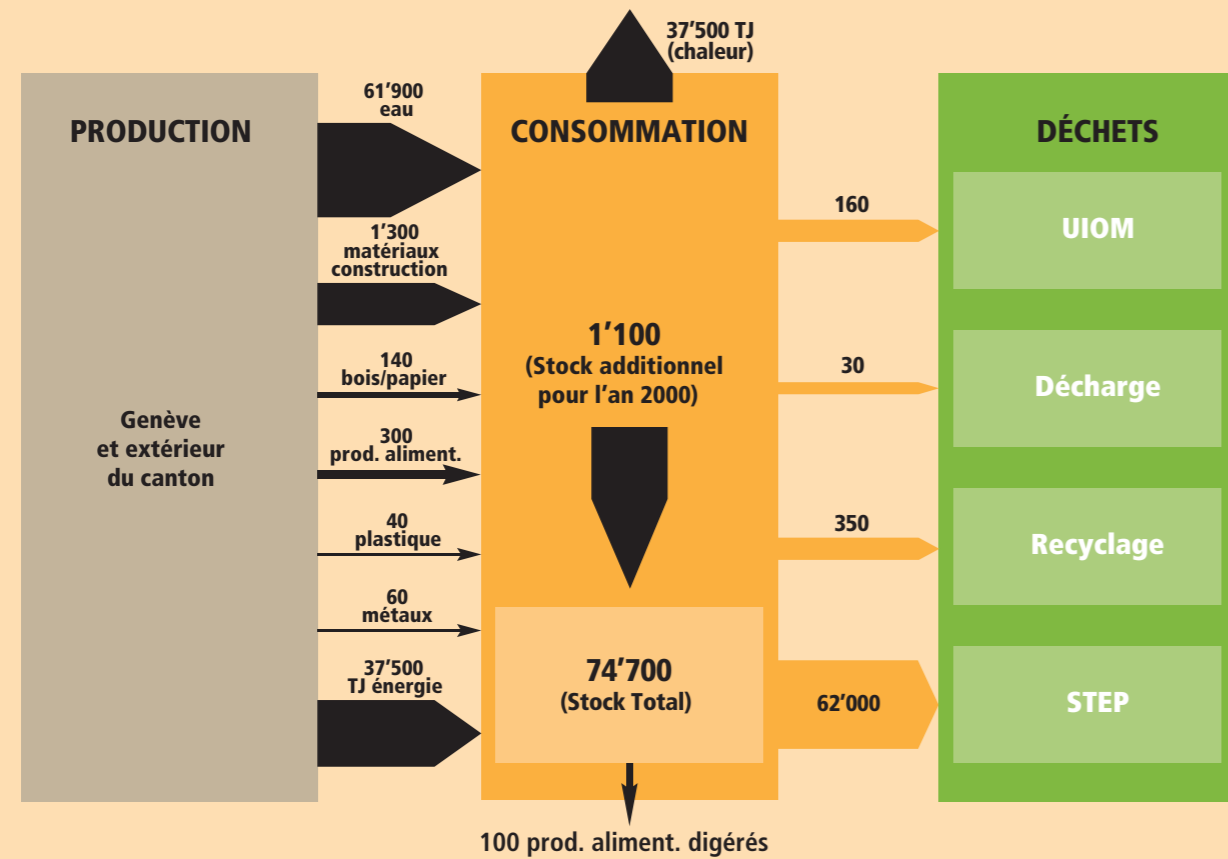
Cette première étude, terminée en 2003, donne une vue d'ensemble des flux et des stocks de matière et d'énergie utilisés par les activités économiques genevoises, ainsi qu'une évaluation des émissions de gaz à effet de serre correspondantes. Cette étude avait pour objectif principal de déterminer les actions à engager en priorité, et les domaines dans lesquels les mesures en faveur de l'environnement seraient les plus efficaces.

Les résultats de cette première étude du métabolisme cantonal ont montré que les flux entrants les plus importants sont les matériaux de construction, les agents énergétiques et l'eau. Les produits alimentaires se trouvent en quatrième place, comme le montre l'illustration 7 à la page suivante, extraite d'une brochure grand public publiée en 2005.

(Voir : <http://www.ge.ch/ecosite>).

◀ Mur de briques réalisées à partir de matériaux d'excavation recyclés (Terrabloc Sarl, p. 35).

Illustration 7
 Consommation des principales ressources à Genève pour l'année 2000
 Les chiffres indiquent des milliers de tonnes par an (térajoules, TJ, pour l'énergie)
 (Source : GEDEC, 2005)



De plus, l'étude a pu mettre en évidence le fait que les principaux consommateurs de ressources à Genève sont les ménages et le secteur tertiaire. Par exemple, à eux seuls, ils consomment 85% de l'électricité et 87% des combustibles pour le chauffage vendus dans le canton de Genève.

Prolongations de l'étude du métabolisme genevois

Le groupe de travail Ecosite a examiné la possibilité de reproduire l'étude du métabolisme genevois à intervalles réguliers. L'idée étant d'introduire l'analyse de flux de matière et d'énergie au même niveau que la comptabilité économique réalisée par l'office cantonal de la statistique (OCSTAT) sur une base trimestrielle et annuelle.

Certaines statistiques, dans le domaine des énergies renouvelables par exemple, existent déjà. Mais les

travaux du groupe ont mis en évidence la complexité d'une comptabilité générale des ressources, tout en soulignant la pertinence pour Genève de disposer de telles informations pour des ressources spécifiques comme les produits chimiques, l'eau et certaines ressources renouvelables.

Afin d'identifier et de susciter des projets, il est apparu pertinent d'effectuer en priorité des études de métabolisme à l'échelle des quartiers et des zones industrielles, dans le cadre des instruments de planification territoriale.

Dans le prolongement de l'étude du métabolisme cantonal, les sections suivantes présentent plusieurs nouvelles approches et bonnes pratiques de gestion de ressources cruciales pour l'économie genevoise : matériaux de construction, métaux, agriculture et biomasse, énergie, et eau.



▲ Installation de recyclage à chaud des matériaux bitumineux. Le four rotatif se trouve au sommet de l'édifice (Colas Suisse SA, zone industrielle de Meyrin-Satigny).



2.2 LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

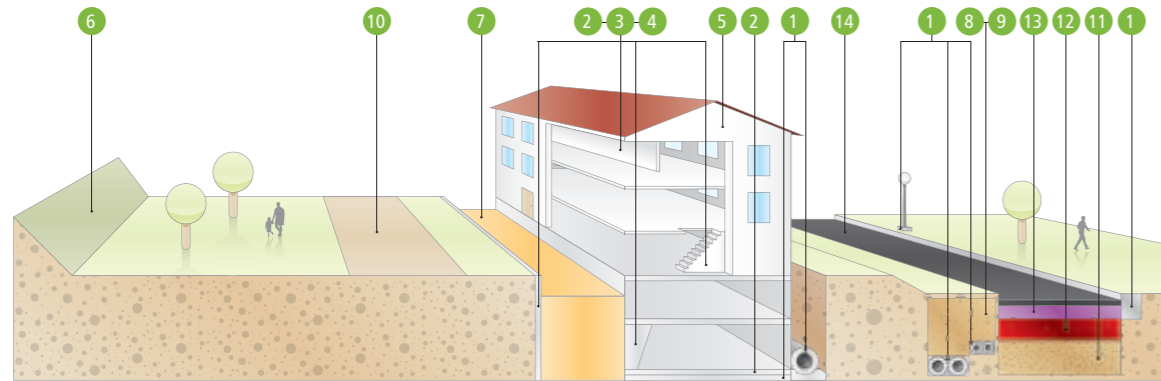
Le groupe de travail Ecomat^{GE} a vu le jour suite à l'étude de métabolisme mentionnée dans la section précédente. Son objectif est de proposer des solutions à la pénurie annoncée de matières premières dans le secteur de la construction et à l'engorgement des décharges par les déchets inertes et les déblais.

L'approche d'écologie industrielle a ainsi permis d'imaginer et de concrétiser une nouvelle activité économique à l'échelle locale : la production de béton à base de grave recyclée et la valorisation des matériaux d'excavation non pollués. La législation a été modifiée en 2011, pour favoriser l'essor de ces nouvelles techniques.

En outre, les professionnels de la branche disposent désormais d'une brochure et d'un guide technique pour les applications recommandées utilisant des matériaux recyclés (voir : <http://lge.ch/ecomat/>).

◀ Le recyclage des matériaux d'excavation et de démolition permet d'économiser les graves naturelles issues des gravières telle que celle d'Etrembières aux portes de Genève.

Illustration 8
La ville Ecomat : applications réalisables à base de matériaux recyclés
(Source : Etat de Genève, 2009)



N° Fiches	Dénomination	Applications
1	Béton maigre CP 100-250	Béton de remplissage, béton de propreté, béton d'enrobage, conduite SIG, socles et fondations divers.
2	RC Euro-Béton CP 20/25, XC1, XC2 (grue)	Radier, fondation, élément structurel à faibles contraintes.
3	RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (grue, Dmax 32mm)	Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.
4	RC-B ou RC-M, C25/30, XC1, XC2 (pompe, Dmax 32mm)	Construction armée, paroi berlinoise, paroi moulée, mur intérieur, paroi, escalier, dalle de petite portée.
5	RC-B, C30/37, XC3 (pompe, Dmax 32mm)	Construction armée, dalle, mur porteur intérieur, mur extérieur avec protection.
6	Remblais	Butte antibruit, aménagement extérieur, parcs et jardins.
7	Parafouilles	Comblement de fouilles après terrassement.
8	Canalisations : eau potable, gaz, électricité	Remblais de fouilles SIG, travaux en marge du génie civil.
9	Canalisations : eaux usées EU et eaux claires EC	Remblais de fouilles, travaux en marge du génie civil.
10	Chemin forestier, communal, piste de chantier	Accès chantier, accès provisoire, chemin.
11	Renforcement des sols	Infrastructure zone hors gel.
12	Couche de fondation	Route, chemin, piste de chantier.
13	Couche de base et de liaison	Superstructure avant la pose de la couche de roulement.
14	Couche de roulement	Route, piste cyclable, trottoir.

Action : Une meilleure utilisation des matériaux de construction

L'étude du métabolisme genevois a fait ressortir que les matériaux de construction, essentiellement le gravier pour la construction des routes et la fabrication de béton, sont les principaux flux de ressources solides utilisées par l'économie genevoise, soit environ 1,3 millions de tonnes par année. Les activités de construction et de rénovation produisent une quantité considérable de matériaux d'excavation et de déchets de démolition. Leurs volumes excèdent largement les espaces de stockage disponibles dans les gravières qui sont traditionnellement utilisées pour le stockage définitif de ces déchets.

Des études ont montré que l'usage généralisé de matériaux recyclés ne devrait pas entraîner de surcoûts pour le secteur de la construction. De ce fait, le recyclage permet de remédier durablement à la pénurie annoncée de gravier. Ecomat^{GE} a ainsi travaillé à l'amélioration de la qualité des graves recyclées, de façon à en améliorer l'adoption par les milieux de la construction. Il a aussi encouragé le

développement de techniques de valorisation des matériaux d'excavation avec pour objectif de remettre «en fond de trou» (dans les gravières excavées) uniquement la part non valorisable des matériaux terreux.

En 2010, l'Etat a décidé d'inciter au recyclage en introduisant le recours aux matériaux recyclés dans les cahiers des charges des chantiers de l'Etat. Cependant il reste à trouver des débouchés pour la part des matériaux non recyclables issus notamment de la démolition.

Malgré une vingtaine d'applications concrètes recensées, les acteurs de la construction hésitent aujourd'hui encore à se lancer dans la réutilisation directe des graves et des déblais. Néanmoins, l'utilisation systématique de ces matériaux recyclés dans la construction est une tendance qui ira en s'accroissant ces prochaines années. En effet, pour l'heure, la situation reste critique à Genève et la question de l'engorgement des décharges n'est pas encore résolue.

Encadré 6 Terrabloc Sarl, lauréat de la bourse cantonale du développement durable 2011

Qui ? Terrabloc Sarl est née en 2011, à l'initiative d'un ingénieur et d'un architecte. L'entreprise fabrique des blocs de construction à partir de terre d'excavation.

Quoi ? Les blocs de construction, à faible impact environnemental, sont fabriqués à partir de terre d'excavation locale et d'un faible pourcentage de ciment. Un processus de compactage à l'aide d'une presse hydraulique permet d'obtenir des blocs de terre crue compressée. **Plusieurs projets sont réalisés ou en cours**, comme un mur d'enceinte pour un jardin à Meinier, le mur de parement pour le pavillon d'exposition des SIG à Vessy, des murs porteurs pour un restaurant scolaire à Geisendorf ou des édicules pour les sorties de secours de la liaison ferroviaire Cornavin – Eaux-Vives – Annemasse (CEVA) à Genève.

Quels impacts ? Terrabloc contrôle toute la chaîne de son produit, de la fabrication du bloc à la livraison du m² d'ouvrage construit. Leur activité, accompagnée par l'entreprise Réalise (insertion des chômeurs de longue durée), constitue également une démarche d'économie sociale et solidaire. Les blocs, issus d'un déchet local pour un usage local, permettent une réduction des volumes de matériaux d'excavation à mettre en décharge ainsi que la réduction du transport de déchets.

Voir : <http://www.terrabloch.ch/accueil.html>



Encadré 7 Gravière d'Epeisses SA (GESA)

Qui ? Implantée dans la zone industrielle de Meyrin-Vernier aux portes de Genève, la gravière de Montfleury commercialise des matériaux de construction recyclés depuis plus de huit ans dans le giron de la société Gravière d'Epeisses SA. Elle commercialise 200'000 tonnes de produits finis par an.

Quoi ? GESA propose des solutions novatrices pour recycler des déblais dont certaines qualités sont usuellement mises en décharge (concassage, criblage, lavage, stabilisation à la chaux ou au ciment, etc.) pour produire sur place des matériaux recyclés et l'extraction des graves contenues dans les matériaux d'excavation de tous types.

Soucieuse de son impact sur l'environnement, la gravière recherche constamment des solutions pour réduire les effets négatifs liés à son activité. Notamment, dans le cadre de sa production, l'eau du processus est recyclée et les boues sont valorisées.

L'entreprise développe également de nouveaux produits à partir de déchets minéraux (graves et bétons recyclés) et est à même de valoriser des boues potentiellement polluées issues de travaux spéciaux, de centrales à béton ou de forages profonds.

Quels impacts ? Les solutions proposées par GESA réduisent la consommation de graves naturelles et diminuent l'intensité des transports liés aux chantiers. La mise place d'une bande transporteuse entre le chantier du dépôt de trams enterré et En Chardon et la gravière illustre également cette volonté de minimiser l'impact sur l'environnement.



▲ Le concassage du béton de démolition permet d'obtenir des graves recyclées d'une qualité suffisante pour la production de certaines catégories de béton .



2.3 LES MÉTAUX

Le canton de Genève est conscient des enjeux cruciaux liés à l'utilisation des métaux, notamment de sa dépendance aux importations. Ne pouvant guère influencer le marché mondial des métaux, il peut par contre identifier des pistes pour favoriser un usage durable de ces ressources sur son territoire. Le groupe de travail Ecosite a cherché à clarifier la notion de durabilité pour l'usage de certains métaux en faisant réaliser des études spécifiques, notamment sur le cuivre, un métal largement utilisé dans les infrastructures et les appareils électriques et électroniques.

Etude : Flux et stocks de cuivre à Genève

Le groupe de travail Ecosite a soutenu une thèse de doctorat, présentée en 2012 à la faculté des géosciences et de l'environnement de l'université de Lausanne par Mme Emilia Suomalainen. Cette thèse contient en particulier une étude de cas sur le métabolisme du cuivre à Genève. En réalisant une modélisation des flux et stocks de cuivre, l'objectif de ce travail était d'anticiper la question de l'épuisement de certaines ressources et d'aider l'Etat de Genève à s'y préparer en adaptant son action.

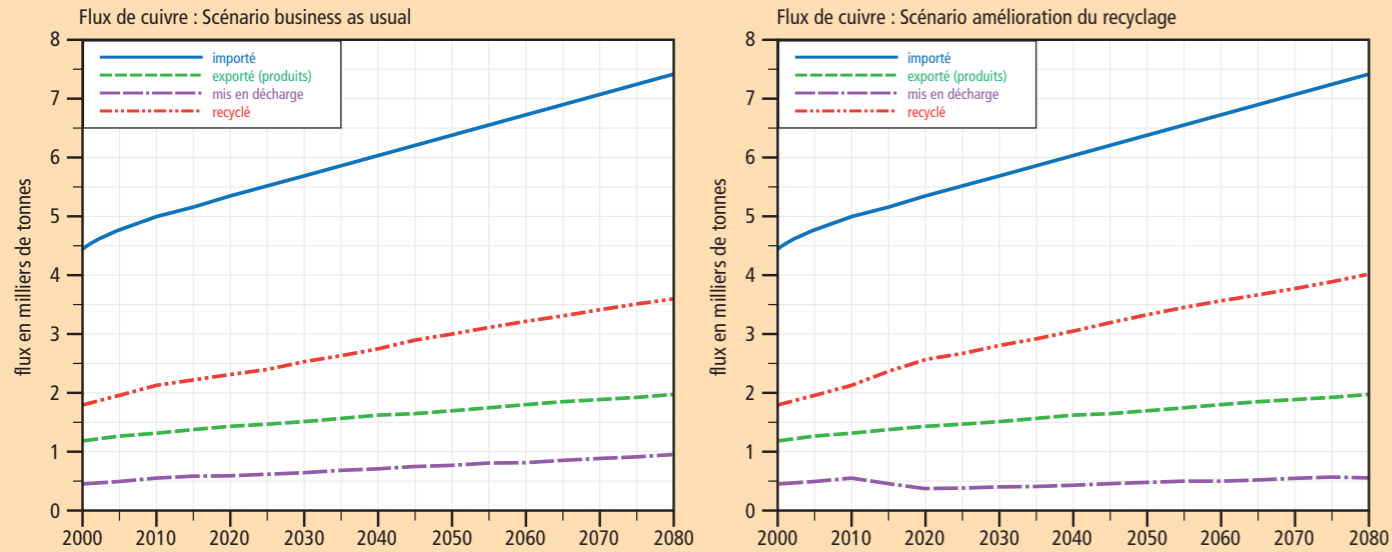
Par ailleurs, un travail de Master en ingénierie de l'environnement à l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), soutenu en 2012 par M. Antoine Fredericq, constitue une première tentative de quantifier et de localiser les stocks de métaux présents dans les bâtiments et les infrastructures urbaines à Genève, en vue d'une éventuelle utilisation future. Les résultats des études de cas menées à Genève indiquent que si la consommation suit la croissance de la population, l'utilisation des ressources pourrait être multipliée par presque 1,2 en 2030 et par 1,5 en 2080.

La plupart des métaux sont déjà très bien recyclés, avec un taux moyen de l'ordre de 90%, notamment dans le secteur secondaire. Toutefois, on ignore encore quel est le niveau de consommation durable pour ces ressources. Bien que plusieurs métaux puissent en théorie être recyclés avec un taux proche de 100%, le recyclage n'est techniquement et économiquement pas réalisable dans de nombreux cas. Néanmoins, les métaux stockés dans les villes pourraient être récupérés et réintroduits dans le circuit économique, d'où l'expression «mines urbaines» (voir **Encadré 8**).

◀ *Le stock de cuivre dans les bâtiments et les véhicules augmente de 1% chaque année à Genève.*

Illustration 9
 Evolution des flux de cuivre dans l'économie genevoise jusqu'en 2080 (en milliers de tonnes par année : flux importés, réexportés dans des produits, mis en décharge, recyclés)
 (Source: E. Suomalainen, 2012)

CUIVRE



Dans le scénario tendanciel (Business as Usual - BaU), on voit que les flux augmentent de manière continue du fait des effets conjugués de la croissance démographique et du développement économique. A droite, les flux de cuivre pour un scénario «Amélioration du recyclage des déchets de construction». On observe que l'augmentation du recyclage du cuivre dans la construction et les bâtiments ne permet pas de diminuer la consommation de cuivre de façon significative, étant donné la croissance attendue de la population. Si l'on voulait véritablement diminuer l'utilisation du cuivre, il conviendrait de recourir à des mesures plus efficaces que le seul recyclage (p. ex. substitution systématique du cuivre par d'autres matériaux, diminution de la demande, etc.).

La disponibilité du cuivre dépend du contexte mondial et les capacités d'action du canton de Genève se situent à l'échelle de variables locales : usages du cuivre, valorisation des mines urbaines et recyclage.

L'amélioration de l'utilisation du cuivre peut se faire selon plusieurs stratégies. Par un recyclage systématique, naturellement, mais aussi en substituant le cuivre par d'autres substances dans certaines applications, lorsque c'est possible (par exemple pour les toitures, grandes consommatrices de ce métal). Une autre stratégie possible réside dans l'exploitation des stocks de cuivre déjà présents sur le territoire du canton. Ces approches complémentaires permettraient d'atteindre une gestion plus durable du cuivre à Genève.

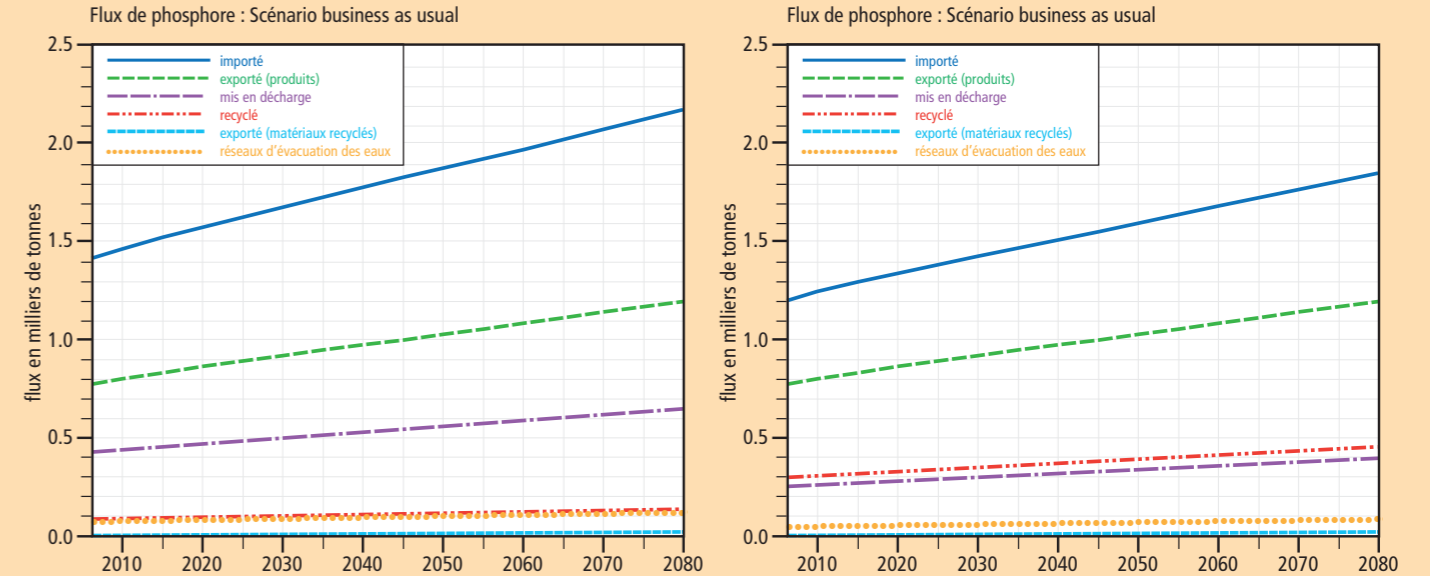
Pour favoriser l'exploitation des mines urbaines, l'établissement d'un cadastre des ressources (notamment métalliques), permettrait de connaître avec précision les stocks potentiellement réutilisables contenus dans les bâtiments et les infrastructures. Cela modifierait également la perception du stock bâti, qui ne serait plus vu comme un déchet lors de sa destruction, mais comme une ressource, associée à une valeur marchande.

Concernant les stocks d'infrastructures, et spécialement ceux situés dans le sous-sol comme les câbles électriques, il convient de garder la trace des matériaux lors de la construction en vue d'une future éventuelle récupération.

► Grâce aux efforts franco-suisses entrepris depuis 1963 dans le cadre de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, la qualité des eaux du Rhône à Genève est bonne, tout au moins pour ce qui est de la teneur en phosphates.

Illustration 10
 Evolution des flux de phosphore dans l'économie genevoise jusqu'en 2080 (en milliers de tonnes par année : flux importés, réexportés dans des produits, mis en décharge, recyclés à Genève, recyclés hors du canton, et évacués dans les milieux aquatiques)
 (Source: E. Suomalainen, 2012)

PHOSPHORE



Dans le scénario tendanciel (Business as Usual - BaU), on voit que la consommation augmente du fait de l'accroissement de la population. L'illustration de droite montre une simulation de l'évolution des flux en cas de recyclage du phosphore se trouvant dans les urines. L'utilisation de toilettes spéciales (collectant l'urine séparément) permettrait un recyclage partiel, tout en diminuant la quantité de phosphore évacué dans les décharges et dans les eaux de surface et nappes phréatiques. De ce fait, ce scénario permettrait également de diminuer l'eutrophisation des eaux, problème environnemental majeur causé par l'excès de phosphore dans les milieux aquatiques.



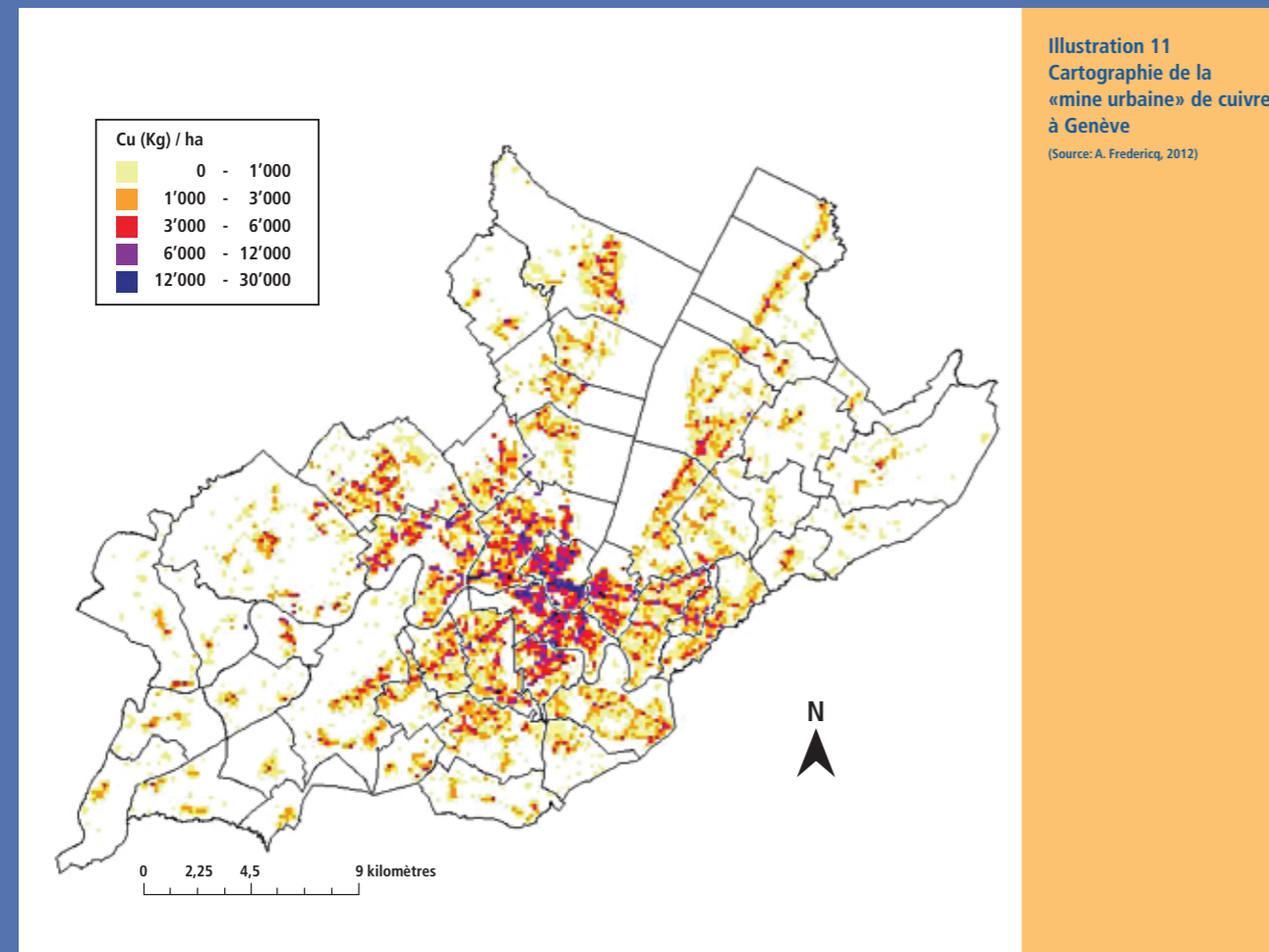
Encadré 8
Le potentiel des mines urbaines, l'exemple du cuivre

Une estimation du stock de cuivre à Genève a été effectuée sur la base du nombre d'habitants. La quantité de cuivre entrant dans le canton chaque année est estimée à 4'500 tonnes, ce qui représente 2,74 à 4,9% du stock de cuivre déjà en usage dans l'économie (le chiffre varie selon la manière de comptabiliser la ressource et la qualité des données). L'augmentation du stock a été estimée à 1'084 tonnes par an.

Le potentiel le plus important de valorisation du stock urbain se trouve dans les systèmes approvisionnant les bâtiments en électricité, chaleur, eau et télécommunications. Une deuxième catégorie de stock se trouve dans les appareils électriques et électroniques ainsi que dans les véhicules.

Le taux de recyclage du cuivre est relativement élevé en ce qui concerne le métal contenu dans les bâtiments (75%). A l'inverse, le taux de recyclage des stocks mobiles, tels que ceux contenus dans l'électroménager ou les appareils électroniques, approche les 50% et pourrait s'améliorer. En effet, le recyclage de ces produits dépend fortement du comportement des utilisateurs.

L'illustration 11 montre la quantité de cuivre (en kilos par hectare) répartie dans le canton de Genève. On constate que les principaux stocks se trouvent au centre-ville (dans le réseau électrique, le réseau de transports publics, etc.), dans les zones à forte densité de population et d'activités économiques. L'éventuelle exploitation future de ces gisements urbains nécessitera d'établir de tels cadastres de ressources.



▲ Chantier du réseau de production et de distribution de chaleur mutualisée CAD-ZIPL0 dans la zone industrielle de Plan-les-Quates (p. 58).



2.4 L'AGRICULTURE ET LA GESTION DE LA BIOMASSE

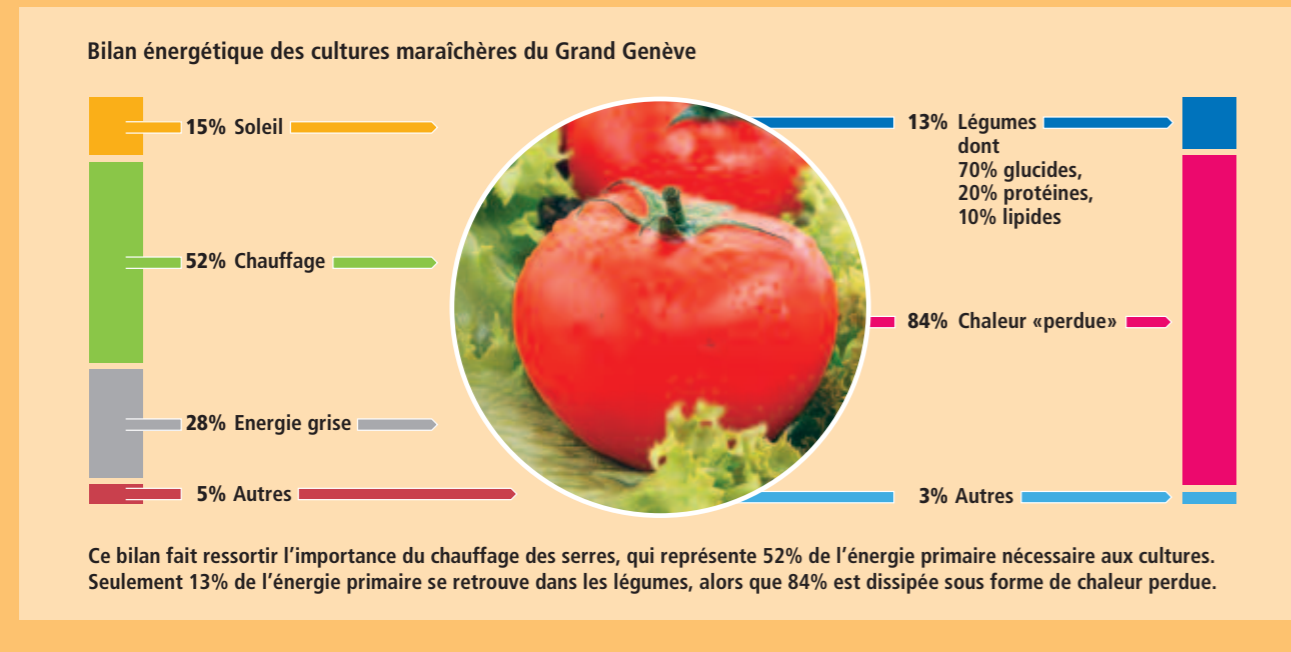
L'étude du métabolisme des activités économiques a montré que l'auto-provisionnement alimentaire du canton est faible. Toutes productions confondues, Genève atteint un degré d'autosuffisance alimentaire de 20% seulement (2010). Pour se nourrir, les habitants du canton dépendent donc pour une large part des zones franches, du reste de la Suisse, et de l'étranger.

Les activités agricoles jouent également un rôle croissant dans la perspective du développement des énergies renouvelables, avec le recours accru à la biomasse utilisée comme combustible. Dans cette perspective, l'université de Genève a été mandatée dans le cadre du projet «valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération genevoise (VIRAGE)» pour réaliser une étude de métabolisme agricole. Cette étude a permis de mieux évaluer le taux d'autosuffisance alimentaire du canton tout en contribuant à la mise en place d'une stratégie de gestion de la biomasse dans le cadre du Grand Genève.

Le canton a également fait réaliser plusieurs études pour évaluer la performance environnementale des produits agricoles genevois et soutenu la création d'un label local «Genève Région, Terre Avenir» (GRTA) afin de promouvoir la production locale et les circuits courts auprès des consommateurs.

◀ *Production agricole au plus près des consommateurs (Association Les Artichauts, p. 49).*

Illustration 12
Détail des flux énergétiques primaires liés aux cultures maraîchères du Grand Genève
 (Source : Etat de Genève, 2010)



Etude : Métabolisme agricole et valorisation des ressources locales

L'analyse du métabolisme agricole franco-valdo-genevois permet de comparer les flux de ressources liés aux activités agricoles de l'agglomération et la consommation d'énergie et d'aliments de la région¹³. Grâce à la réalisation d'une base de données évolutive, les différents flux énergétiques primaires de l'agriculture peuvent être suivis et adaptés en fonction de la situation économique.

Les surfaces agricoles disponibles représentent au total environ 300 m² par personne pour le canton de Genève. C'est nettement moins que la surface de 2'500 m² théoriquement nécessaire pour nourrir un habitant (à noter qu'environ 4/5 de cette surface sert à obtenir le fourrage nécessaire à la production de viande et de produits laitiers).

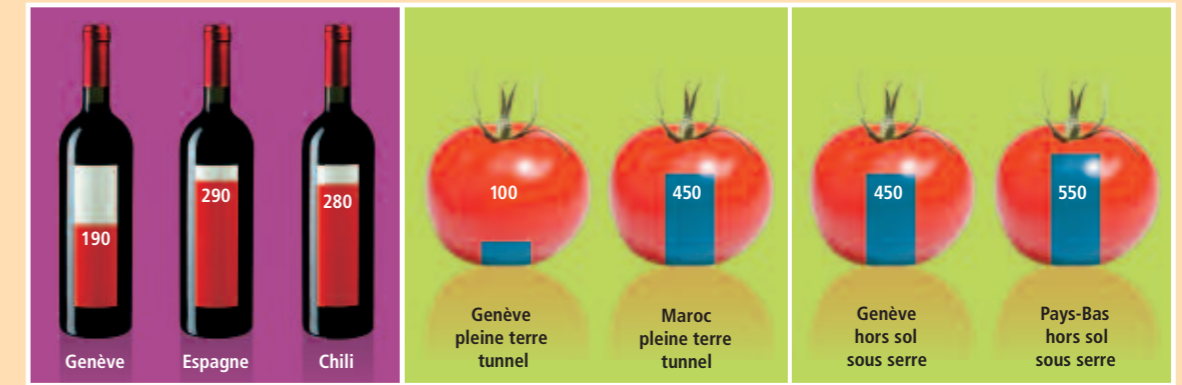
Action : Un label pour valoriser les circuits courts

L'objectif du label «Genève Région, Terre Avenir» (GRTA) est d'établir un pont entre les paysans producteurs et les citoyens consommateurs. Ce label, promu par la direction générale de l'agriculture (DGA), a rencontré un succès qui a dépassé toutes les attentes. En plus de l'engouement du public, le label intéresse aussi des cantines scolaires et des restaurants d'entreprise.

Etude : Analyse de cycle de vie de la production locale

L'écologie industrielle tend à favoriser les circuits courts. Elle permet également d'en quantifier les bénéfices. En 2010, une évaluation environnementale de la production genevoise de vin et de tomates a été réalisée (Illustration 13), établissant une comparaison entre certains produits locaux et importés. Une meilleure connaissance des impacts liés à la production de ces aliments, permet d'une part de communiquer sur les avantages environnementaux de la production agricole locale et, d'autre part, d'émettre des recommandations pour en améliorer la performance environnementale.

Illustration 13
Ecobilan de vins rouges et de tomates de différentes origines (exprimés en points).
Les points attribués mettent en évidence la totalité des atteintes (santé, climat, ressources, écosystème).
 (Source : Direction générale de l'agriculture plaquette ecobilan tomate et vin rouge, 2010)



Plus les impacts environnementaux sont importants, plus le nombre de points est élevé.

Dans le cas de la tomate, la culture sous tunnel à Genève apparaît plus performante, ce qui justifie la protection douanière durant la saison de la tomate suisse. Le problème réside principalement dans la culture sous serre, qui présente des rendements au moins quatre fois supérieurs, mais avec une performance environnementale nettement inférieure, notamment du fait du chauffage des serres durant la saison froide avec un combustible fossile (gaz naturel).

Solutions d'écologie industrielle

Dans un tel contexte, une approche d'écologie industrielle peut apporter des solutions intéressantes. Premièrement, il est possible de mettre en œuvre des symbioses industrielles pour diminuer l'impact de la culture sous serres en recherchant des sources de chaleur perdue et de CO₂ dans le voisinage. Si la situation géographique ne permet pas de bénéficier de telles synergies, il convient alors d'étudier quelles activités économiques complémentaires pourraient s'installer à proximité et permettraient de récupérer la chaleur et le gaz carbonique nécessaires à la culture de tomates sous serre, évitant ainsi la combustion de gaz uniquement pour le maraîchage. La définition de zones agricoles spéciales va dans ce sens. L'établissement d'un plan localisé agricole (PLA¹⁴), obligatoire à partir d'un

projet de serres de plus de 5'000 m², devrait favoriser la prise en compte de symbioses industrielles dès la phase de planification et de conception.

Deuxièmement, en 2010, une enquête a démontré que 78% des Genevois souhaitent consommer davantage d'aliments régionaux et que 38% d'entre eux connaissent le label GRTA. Ainsi, pour favoriser le recours aux produits régionaux, il convient d'en faciliter l'accès aux consommateurs, par exemple en leur offrant des espaces pour l'approvisionnement en milieu urbain.

Finalement, la gestion centralisée des déchets organiques pour la production de compost et de biogaz se révèle efficace. Il existe un potentiel important pour valoriser les déchets organiques des ménages tout en augmentant la production de biogaz. Le nouveau plan cantonal de gestion des déchets 2014 - 2017 prévoit également plusieurs actions pour augmenter la proportion de déchets de cuisine collectés et valorisés.

Voir : <http://tinyurl.com/VinTomate>

¹³ J. Faessler, D. Gallay, B. Lachal, 2009

¹⁴ <http://ge.ch/amenagement/glossaire/plan-localise-agricole>

Encadré 9

Le compost en bord de champs, exemple de circuit court, lauréat du prix cantonal du développement durable 2008

Qui ? Le groupement des composteurs en bord de champs (GCBC) exploite un système de gestion simple, économe et local des déchets organiques afin de valoriser ces résidus en les transformant en compost sur trois sites des communes de Vandoeuvres, Jussy et Veyrier-Troinex.

Quoi ? Le GCBC gère les déchets de jardin de neuf communes, soit 6'500 tonnes par an. Cette gestion localisée des matériaux organiques diminue les transports et produit environ 4'000 tonnes de compost utile pour fertiliser en matières organiques 240 hectares de terres cultivées.

Quels impacts ? La gestion localisée de ces matériaux permet une diminution des transports et un apport en matériaux organiques recherché pour l'amélioration des sols agricoles.

Voir : <http://tinyurl.com/CompostBDC> ou <http://tinyurl.com/Compostage>



Encadré 10

L'association Les Artichauts, production de plantons en milieu urbain

Qui ? Depuis 2009, l'association Les Artichauts exploite les serres et les surfaces cultivables du parc Beaulieu, en plein cœur de la Ville de Genève.

Quoi ? L'association y produit des plantons biologiques, pour une grande partie labellisés ProSpecieRara, fondation de conservation des espèces anciennes. Ils sont vendus sur le marché local, en particulier aux coopératives agricoles. Parallèlement, un projet Semences de Pays a vu le jour dans une démarche similaire, puisqu'il sélectionne et reproduit des semences de variétés potagères genevoises. Les passants et habitants du quartier sont invités durant tout l'été à venir cueillir et acheter les légumes. Des visites organisées par l'Ecole à la ferme sont proposées aux écoles du quartier.

Quels impacts ? L'association développe des actions concrètes en faveur de la préservation de la diversité potagère et des circuits courts. Elle permet de faire le lien entre la culture de plantons, les coopératives locales et la consommation par les citoyens. Par ailleurs, ces projets contribuent à renforcer les liens sociaux au sein du quartier. Voir : <http://www.artichauts.ch>





Encadré 11
Biogaz Mandement, lauréat du prix cantonal du développement durable 2012

Qui ? Cette installation de production de biogaz a été créée en 2008 par l'agriculteur Marc Zeller et l'horticulteur Charles Millo. L'usine a coûté 3 millions de francs, dont 65% proviennent d'un crédit de l'Etat à taux zéro. L'amortissement devrait se faire d'ici à douze ans.

Quoi ? La matière organique qui est fermentée pour produire le biogaz provient de la ferme de Marc Zeller, des serres de Charles Millo et de huit éleveurs genevois situés dans un rayon de 15 kilomètres. S'y ajoutent d'autres sources, comme des déchets de restaurants genevois. Annuellement, 12'000 tonnes de matières organiques sont traitées. Le biogaz ainsi obtenu (2'640 m³ par jour) est brûlé, pour produire simultanément de l'électricité (alimentant 400 ménages) et de la chaleur, qui sert au chauffage des serres et des bâtiments des deux exploitations.

Quels impacts ? Le biogaz produit localement est une ressource renouvelable, qui contribue à réduire la dépendance énergétique du canton par rapport aux importations de combustibles fossiles. La combustion de biogaz présente également une bonne efficacité énergétique grâce à une stratégie de «co-génération» (production simultanée de chaleur et d'électricité). Enfin, les résidus de la fermentation, solides et liquides, sont épandus sur les cultures en guise de compost et d'engrais. Ainsi, 1'000 tonnes d'équivalent-CO₂ sont économisées chaque année par comparaison avec l'épandage traditionnel du lisier, qui génère des émissions de méthane (gaz à effet de serre plus puissant que le gaz carbonique).
Voir : <http://www.biogaz.ch/valorisation.html>



2.5 L'ÉNERGIE

La politique énergétique du canton vise à atteindre les objectifs à long terme de la Société à 2000 watts. La valorisation des ressources énergétiques du territoire a ainsi été identifiée par le Conseil d'Etat genevois en 2013 comme l'un des 4 axes stratégiques du futur plan directeur de l'énergie.

La loi sur l'énergie (L 2 30) vise à réduire massivement la consommation énergétique sur le territoire du canton – sans pour autant diminuer le confort – tout en recourant le plus possible aux sources d'énergie renouvelables.

En complément des programmes développés par l'Etat et les SIG, l'écologie industrielle peut contribuer à ces travaux selon trois axes :

- Valoriser systématiquement la chaleur perdue des activités économiques;
- Améliorer l'efficacité énergétique des procédés industriels;
- Valoriser de manière plus intensive les ressources offertes par la région genevoise. Les énergies renouvelables, solaire et géothermie en particulier, restent, aujourd'hui encore, largement sous-exploitées.

Par ailleurs, un enjeu crucial de la transition énergétique se situe aujourd'hui dans le fait de convaincre les consommateurs (entreprises et ménages) de changer leurs habitudes et d'adopter de nouvelles solutions techniques. Pour ce faire, il importe de faciliter l'émergence de projets matures et économiquement viables à terme, en les soutenant financièrement au départ le cas échéant.

◀ *En 2015, l'économie genevoise est encore trop dépendante des énergies fossiles. Le pétrole et le gaz naturel fournissent 75% de l'énergie consommée.*

Action : la planification énergétique territoriale, un outil d'analyse des flux énergétiques d'un territoire urbain

La planification énergétique territoriale prend en compte l'énergie dans les projets d'aménagement du territoire afin de réduire la consommation et d'augmenter l'utilisation des ressources renouvelables locales. Depuis 2002, de nombreux périmètres du canton ont bénéficié d'un outil spécifique, les concepts énergétiques territoriaux (CET). Les CET proposent des stratégies de valorisation des ressources locales et d'approvisionnement visant à satisfaire les besoins du périmètre concerné, en cohérence avec les objectifs de la politique énergétique du canton. Ils posent également des jalons susceptibles de faciliter leur mise en œuvre¹⁵.

Action : réseaux énergétiques et infrastructures partagées

Les réseaux de chaleur sont une forme d'infrastructure partagée au sens des symbioses industrielles. Ils peuvent être alimentés par des sources d'énergie fossiles ou renouvelables, ou par des rejets de chaleur d'activités économiques. Il existe aujourd'hui 35 réseaux de chaleur en fonction ou en projet à Genève.

¹⁵ <http://ge.ch/energie/concept-energetique-territorial>

¹⁶ <http://tinyurl.com/SigGenilac>

Afin d'accélérer la transition énergétique, le Conseil d'Etat peut déjà imposer la création d'un réseau de distribution d'énergie thermique. Lors de la construction ou de la rénovation de bâtiments ou d'installations, l'office cantonal de l'énergie peut obliger un propriétaire à prendre des dispositions pour permettre l'intégration future d'un bâtiment à un réseau de chauffage à distance.

Pour accélérer cette évolution, l'Etat et les SIG proposent un nouvel outil, le plan directeur des énergies de réseaux (PDER). Il doit notamment contribuer à l'amélioration de la qualité des concepts énergétiques territoriaux, et surtout faciliter le passage du concept à l'opérationnel.

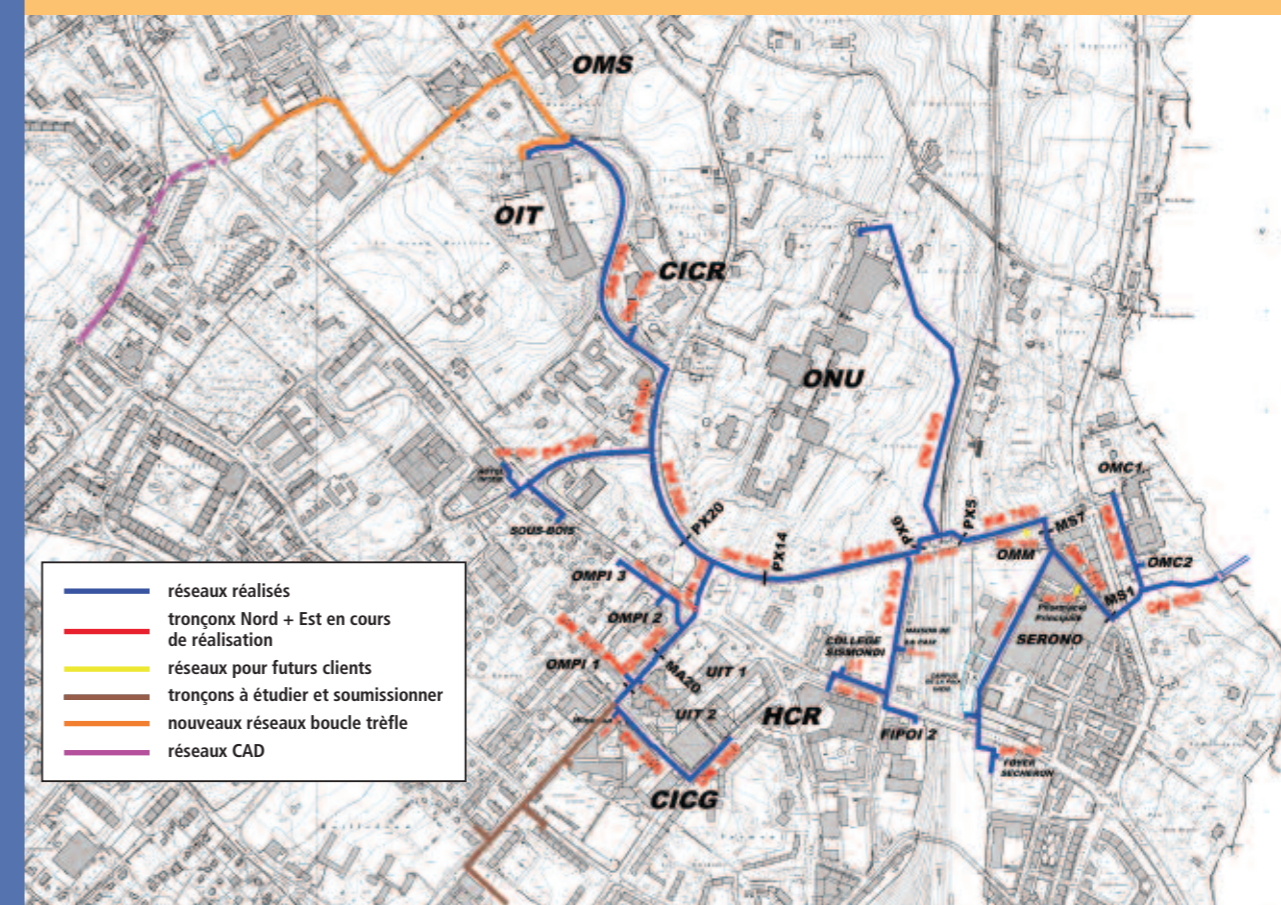
Avec le projet Genève-Lac-Nations (Encadré 12), les SIG ont prouvé la fiabilité d'une telle solution pour le chauffage et la climatisation à l'échelle de quartiers entiers. En étendant ce système aux quartiers du centre ville et de l'aéroport, les SIG et ses partenaires (Etat et universités) démontrent que l'eau du lac est une ressource renouvelable pouvant être utilisée sans dommages pour l'environnement local¹⁶. Toutefois, les SIG ne peuvent à eux seuls financer et réaliser l'ensemble des réseaux du canton. Genève a aujourd'hui besoin de trouver de nouveaux investisseurs, pour accélérer la concrétisation de tels projets.

Encadré 12 Le réseau Genève-Lac-Nations

Le réseau Genève-Lac-Nations (GLN) utilise l'eau du lac pour chauffer et rafraîchir de nombreux bâtiments dans le quartier des organisations internationales. Pompée à 37 m de profondeur, l'eau du lac est acheminée jusqu'aux bâtiments par un ensemble de canalisations depuis la station de pompage, située au bord du lac. En été, l'eau fraîche circule dans les plafonds des bâtiments, remplaçant ainsi les traditionnels systèmes d'air conditionné très énergivores. En hiver, des pompes à chaleur transfèrent de la chaleur souterraine (géothermie de faible profondeur) et alimentent des chauffages au sol à basse température. L'électricité nécessaire pour actionner les pompes du réseau est d'origine renouvelable certifiée (hydroélectricité).

Aujourd'hui, plus de vingt bâtiments du quartier des Nations, appartenant principalement à des organisations internationales, sont connectés au GLN, climatisant et chauffant une surface totale de 840'000m² (voir Illustration 14). L'économie d'énergie finale globale atteint 30%, entraînant une réduction des émissions de CO₂ de 12'900 tonnes par an.

Illustration 14
Bâtiments existants et neufs alimentés par le GLN
(Source: <http://www.sig-ge.ch>)



Outre ces bénéfices environnementaux, GLN apporte également des bénéfices économiques, grâce à une plus-value apportée aux bâtiments connectés et, en permettant d'éviter la présence de certains produits considérés dangereux (mazout ou gaz par exemple), une diminution des coûts d'assurance. Par ailleurs, le réseau GLN permet de substantielles économies d'eau pour l'arrosage (voir Encadré 15).

◀ Les entrailles du réseau Genève-Lac-Nations sont situées sous la promenade piétonnière jouxtant le lac



Une autre innovation pourrait provenir à l'avenir des réseaux de CO₂ (en circuit fermé) pour chauffer et climatiser une ville. Compte tenu des meilleures performances du CO₂ comme agent caloporteur (ou frigoporteur), remplacer l'eau ou la vapeur par du gaz carbonique dans les réseaux de chaleur permet de réduire le diamètre des tuyaux, de supprimer l'isolation autour des tuyaux et d'augmenter le rendement des installations. Le coût de mise en œuvre n'est pas supérieur à celui d'un réseau classique. Des travaux de recherche et développement sont en cours à l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et au sein des SIG. Une première installation pilote devrait voir le jour dans quelques années.

Action : le programme Eco21

Initié en 2007 par les SIG, le programme éco21 a pour objectif d'aider les Genevois à réduire leur consommation d'énergie et leurs émissions de CO₂, sans sacrifier ni confort ni compétitivité économique. Le potentiel d'économies d'énergie est élevé. La consommation d'électricité pourrait se voir réduite d'un tiers et l'optimisation des installations de chauffage pourrait diminuer la consommation d'énergie thermique jusqu'à 15% tout en améliorant le confort des usagers.

Eco21 offre des solutions concrètes à travers des formations, du conseil ou encore des primes aux économies réalisées¹⁷.

Enfin, Ambition Négawatt est une démarche proposée conjointement par éco21 et écoclimat, deux programmes des SIG pour favoriser les économies d'énergie. Pour une gestion énergétique efficiente Ambition Négawatt propose d'optimiser la gestion de l'énergie des grands consommateurs (plus d'1 GWh/site d'électricité et/ou plus de 5 GWh de chaleur par an)¹⁸. A ce jour, près de 80 entreprises ont choisi ce plan d'action à Genève et les résultats ont confirmé un potentiel d'économies significatif¹⁹.

¹⁷ <http://www.eco21.ch/eco21.html>

¹⁸ <http://tinyurl.com/SigNegawatt>

¹⁹ <http://tinyurl.com/SigNegawatt>



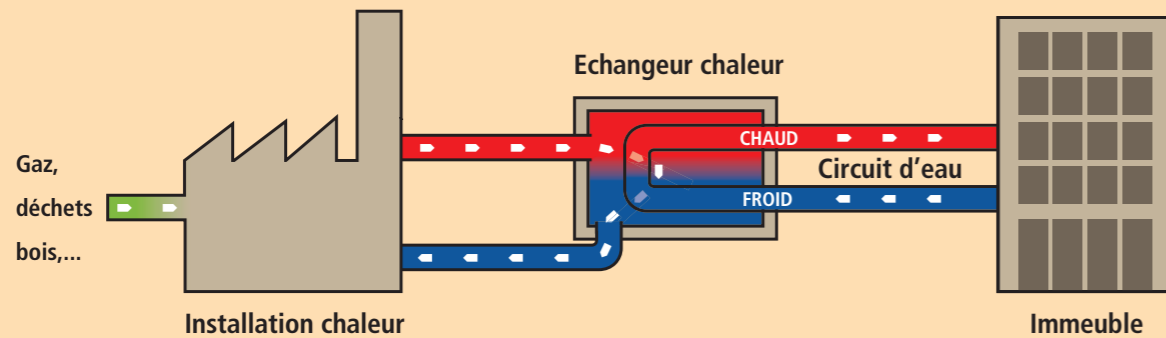
Encadré 13 CAD-ZIPLO, rapprocher entreprises et logements

Qui ? CAD-ZIPLO est un réseau de production et de distribution de chaleur mutualisée pour les entreprises de la zone industrielle de Plan-les-Ouates. Il récupère également les rejets de chaleur pour le chauffage de logements en cours de développement sur des parcelles proches. Le projet regroupe les SIG et plusieurs industriels actifs dans la zone.

Quoi ? Le projet est en cours de réalisation: une centrale de production de chaleur pour la zone industrielle de Plan-les-Ouates (ZIPLO), un réseau de collecte des rejets thermiques et un réseau de distribution de chaleur, avec possibilité d'extension, en particulier vers le futur quartier des Cherpines (voir illustration 15).

Quels impacts ? Les rejets thermiques récupérés couvriront une part importante des besoins de chauffage des bâtiments de la zone industrielle de Plan-les-Ouates (ZIPLO) et des Cherpines. Techniquement, cela implique un réseau de valorisation des rejets de chaleur à basse température, suivi d'une élévation de la température de cette source au moyen de pompes à chaleur dans la centrale thermique. La chaleur sera ensuite distribuée par un réseau dans les nouvelles constructions.

Illustration 15
Echange de chaleur entre l'industrie et le logement
(Source : FTI, 2014)



Encadré 14 CADéco Jonction, un réseau pour le nouveau quartier

Qui ? Le chantier du nouveau quartier de la Jonction, actuellement en construction sur une friche industrielle, a servi de moteur à un vaste projet de chauffage à distance appelé CADéco, développé conjointement par les SIG, l'Etat et la Ville de Genève. La mise en service est prévue pour 2017.

Quoi ? Ce nouveau quartier, situé au centre-ville, entre l'Arve et le Rhône, jouit d'une situation géographique particulière, favorisant le recours à des énergies renouvelables. Le projet CADéco prévoit de chauffer une vingtaine d'immeubles de la Jonction, dont ceux du nouveau quartier. Une pompe à chaleur à haute température, située au quai du Seujet, récupérera la chaleur de l'eau du Rhône. Des panneaux solaires photovoltaïques installés sur les toits fourniront une partie de l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur.

Quels impacts ? Les avantages du projet CADéco Jonction sont financiers et environnementaux, en fournissant de l'énergie d'origine renouvelable dans la même gamme de prix que les solutions fossiles traditionnelles :

- Amélioration de la qualité de l'air en ville : les émissions de CO₂ liées aux systèmes de chauffage des bâtiments raccordés seront réduites d'environ 90%;
- Stabilité des prix: les factures de chauffage ne seront plus soumises aux fluctuations du prix du mazout.

Voir : <http://tinyurl.com/CADJonction>



▲ Chantier du réseau de production et de distribution de chaleur mutualisée CAD-ZIPLO dans la zone industrielle de Plan-les-Ouates (p. 58).



2.6 LA GESTION DE L'EAU

En terme de masse, l'eau est la principale ressource consommée à Genève. Genève dispose de ressources abondantes en eau, ce qui ne signifie pas, naturellement, que l'on puisse la gaspiller.

La production d'eau potable consomme de l'électricité et nécessite des infrastructures, comme le réseau de distribution. De même, le traitement des effluents industriels et ménagers occasionne des impacts environnementaux importants, en particulier la consommation d'énergie nécessaire aux procédés d'épuration.

Les aspects qualitatifs ne sont pas moins importants et doivent faire l'objet d'une attention constante : pureté des eaux, biodiversité liée aux milieux aquatiques, renaturation des cours d'eau, etc.

Etude : bonnes pratiques pour la gestion de l'eau

De nombreuses bonnes pratiques existent déjà dans le canton de Genève, en particulier pour économiser l'eau potable du réseau : climatisation et arrosage des jardins et espaces verts publics avec les eaux du lac ou lavage des graviers dans les carrières avec des eaux superficielles.

Le groupe de travail Ecosite a analysé en 2010 le potentiel de substitution de l'eau potable pour les activités économiques du canton de Genève dans le but d'identifier les potentiels d'économie et de réutilisation de la ressource.

Les résultats ont révélés plusieurs possibilités intéressantes :

- Certaines eaux industrielles peuvent être réutilisées après traitement, à l'image des mélanges eau-huile utilisés pour le travail des métaux;
- Les eaux souterraines peuvent être exploitées directement par des entreprises de construction (pour la préparation du béton) ou par des recycleurs pour le traitement des déchets, ou encore pour la prévention des risques d'incendie pour des stocks temporaires;
- Pour les entreprises qui envisageraient de substituer les eaux potables par des eaux issues de nappes souterraines, il existe la possibilité de mutualiser le pompage des eaux pour autant que les entreprises concernées se trouvent suffisamment proches les unes des autres;

◀ Cette rivière, l'Aire, a été libérée de son corset de béton. Elle est ainsi devenue un refuge de biodiversité et permet de prévenir à moindre coût les risques de crue dans le secteur urbain dense situé en aval.

- Parfois, la qualité de l'eau sortant des stations d'épuration de certaines entreprises satisfait les normes de l'Ordonnance sur la protection des eaux et l'Ordonnance sur les atteintes portées au sol pour le rejet dans le milieu naturel ou dans les eaux claires. Ces eaux pourraient donc être réutilisées;
- Les prétraitements effectués par l'industrie de l'horlogerie et des métaux produisent une eau de qualité suffisante pour qu'elle puisse être utilisée comme eau de refroidissement;
- Les voiries et services en charge des espaces verts ont également un rôle à jouer en limitant l'usage des laveuses municipales et en utilisant de l'eau de pluie ou de l'eau de refroidissement au lieu d'eau potable.

Etude : Le lien entre l'eau et le phosphore

La bonne gestion de l'eau peut aussi avoir un impact positif sur l'utilisation d'autres ressources, à l'exemple d'une substance vitale comme le phosphore. Avec l'usage massif des engrais de synthèse en agriculture depuis un siècle, les flux de phosphore ont considérablement augmenté, perturbant fortement le cycle naturel. Ce phosphore, présent en excès dans les eaux, se traduit notamment par une dégradation des milieux aquatiques (eutrophication). Une utilisation plus raisonnée du phosphore apparaît donc nécessaire, comme l'a montré une recherche réalisée à l'université de Lausanne pour le groupe de travail Ecosite par Mme Emilia Suomalainen (2012). Des modèles dynamiques décrivant l'évolution des flux de phosphore à Genève indiquent que si la consommation continue à augmenter de manière linéaire avec la croissance de la population, les quantités de phosphore pourraient se voir multipliées par presque 1,2 en 2030 et par 1,5 en 2080 (voir aussi l'illustration 10).

Plusieurs stratégies sont envisageables pour diminuer les rejets de phosphore dans l'environnement et réduire notre dépendance aux importations de l'étranger. On peut notamment recycler le phosphore présent dans les boues d'épuration, ou même dans l'urine humaine. Le phosphore ainsi récupéré est utilisé comme engrais. Toutefois, les impacts sur la santé et l'environnement doivent encore être étudiés, de même que l'acceptabilité de nouveaux types de toilettes par les usagers.

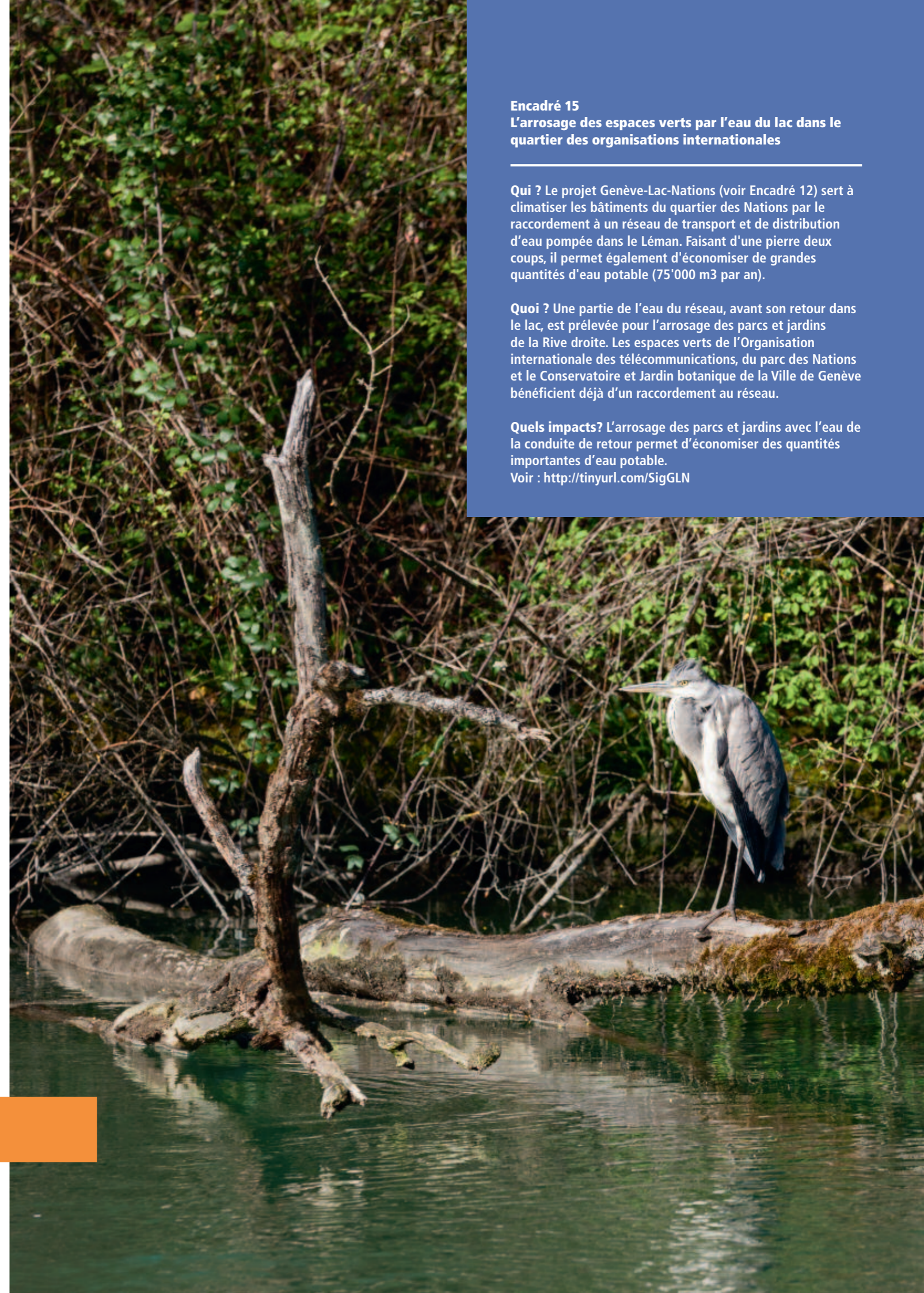
► Héron cendré sur les bords du Rhône. Celui-ci représente un haut-lieu de la biodiversité genevoise et un couloir d'entrée en ville pour la nature.

Encadré 15 L'arrosage des espaces verts par l'eau du lac dans le quartier des organisations internationales

Qui ? Le projet Genève-Lac-Nations (voir Encadré 12) sert à climatiser les bâtiments du quartier des Nations par le raccordement à un réseau de transport et de distribution d'eau pompée dans le Léman. Faisant d'une pierre deux coups, il permet également d'économiser de grandes quantités d'eau potable (75'000 m³ par an).

Quoi ? Une partie de l'eau du réseau, avant son retour dans le lac, est prélevée pour l'arrosage des parcs et jardins de la Rive droite. Les espaces verts de l'Organisation internationale des télécommunications, du parc des Nations et le Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève bénéficient déjà d'un raccordement au réseau.

Quels impacts ? L'arrosage des parcs et jardins avec l'eau de la conduite de retour permet d'économiser des quantités importantes d'eau potable.
Voir : <http://tinyurl.com/SigGLN>





2.7 LE TRANSPORT DE MARCHANDISES

Les flux de marchandises et leur transport représentent un élément primordial pour la compréhension du territoire genevois et de son évolution. Le groupe de travail Ecosite a analysé l'organisation du transport de marchandises et de la logistique des ressources entre 2007 et 2011 en s'appuyant sur la méthodologie d'étude des flux de matière et d'énergie. Le sujet est aujourd'hui entre les mains de la direction générale des transports (DGT) et de la fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI).

Le lien entre modes de transport de marchandises et flux de matières est apparue comme une question d'importance pour l'avenir des activités économiques du canton. En effet, la saturation du réseau routier et ferroviaire a des impacts négatifs sur plusieurs plans, par exemple: retards de livraison entraînant une rupture de l'approvisionnement pour des activités en flux tendus, augmentation des prix des prestations pour faire face aux exigences, consommation accrue de combustibles fossiles durant les temps d'attente.

Etude : Connaître les flux de marchandises à Genève et leurs impacts

L'étude mandatée par le groupe de travail Ecosite cherchait à répondre à deux grandes questions.

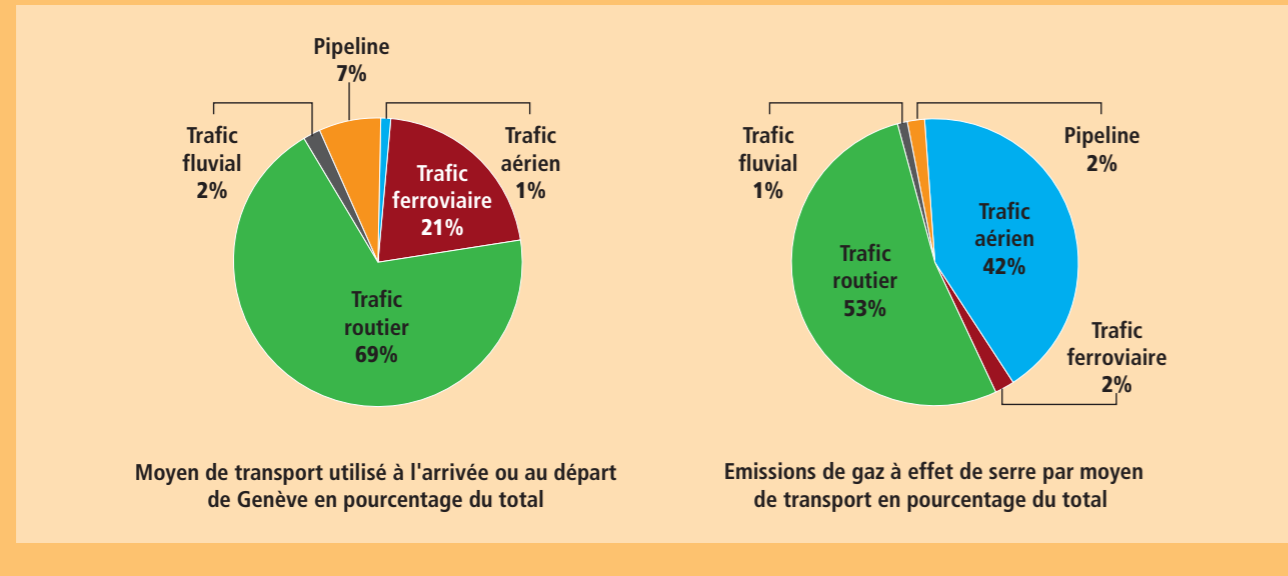
Première question : quels sont les liens de Genève avec les grandes infrastructures logistiques européennes ? Comme le canton ne possède plus de liaison ferroviaire directe le reliant aux grandes infrastructures portuaires du sud de la France, il est dépendant du centre de triage lyonnais, aujourd'hui surchargé. Pour sa part, l'axe Lausanne-Genève figure parmi les tronçons routiers et ferroviaires les plus chargés de Suisse.

Deuxième question : quels sont les flux de marchandises importés et exportés et par quels moyens de transports ? Pour le savoir, une analyse de flux de matière des transports a été réalisée pour Genève pour l'année 2008. Les quantités transportées, les distances parcourues, les moyens de transport utilisés et les émissions de gaz à effet de serre ont été analysés pour dix catégories de ressources comme les matériaux de construction, les agents énergétiques, les produits alimentaires et agricoles, ou les machines.

L'étude montre clairement que la route est le mode de transport dominant pour les importations et exportations de la région genevoise. La part de la route se monte à 73%, soit environ la moyenne suisse et européenne.

◀ Grâce à la présence de la gare de la Praille (voir photo aérienne pp. 6-7), le transport combiné rail-route permet d'introduire les marchandises au cœur de Genève avec un minimum de nuisances (railCare, p. 67).

Illustration 16
Les moyens de transports utilisés pour le transport de marchandises à Genève et leurs émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO₂
 (Source : Etat de Genève, 2011)



A Genève, 308'000 tonnes d'équivalent-CO₂ ont été rejetées dans l'atmosphère en 2006, uniquement pour les activités liées au transport des marchandises. Cela correspond à 0,7 tonne d'équivalent-CO₂ par an et par habitant. Ainsi, les émissions dues au transport de marchandises représentent 15% des émissions annuelles de chaque habitant du canton. *Les différentes études sur les transports de marchandises à Genève peuvent être téléchargées sur le site de l'Etat: <http://tinyurl.com/PubliEI>*

Etude : Le transport de marchandises à l'échelle du Grand Genève

Les résultats de ces études ont été utilisés non seulement pour planifier les infrastructures logistiques, mais également pour structurer l'ensemble des activités du territoire du Grand Genève à l'horizon 2030.

Le Cahier mobilité n°16-2 (volet 2)²⁰, réalisé sous l'égide du Grand Genève et de la Direction générale des transports, a établi des objectifs généraux afin de définir une politique de déplacement des marchandises cohérente à l'échelle de l'agglomération franco-valdo-genevoise à l'horizon 2020-2030. Les objectifs fixés sont au nombre de quatre :

- Réduire d'au moins 30 % les émissions de CO₂ provenant du transport de marchandises par rapport à 1990.
- Homogénéiser le fret à l'échelle de l'agglomération, en cherchant à diminuer l'effet de la frontière franco-suisse responsable de schémas logistiques dissociés.
- Intégrer les aspects logistiques dans le projet d'agglomération. La logistique doit tout à la fois assurer la vitalité de l'agglomération et respecter l'identité du territoire en s'insérant dans le paysage urbain.
- Garantir la cohésion des politiques marchandises et voyageurs afin qu'une politique ne se fasse pas au détriment de l'autre.

Pour répondre aux besoins futurs, Genève doit repenser aujourd'hui son système de transports. Elle doit d'une part, maintenir un approvisionnement approprié et efficace pour sa population et ses entreprises, et d'autre part prévoir les modalités de l'organisation et de la desserte de son territoire.

²⁰ <http://tinyurl.com/CahierMobilit>

Perspectives pour le développement territorial

Pour fluidifier la circulation, il est nécessaire d'optimiser les transports de marchandises en repensant l'emplacement de certaines activités par rapport aux infrastructures routières et ferroviaires. Cela passera probablement par l'utilisation des réseaux de transport de voyageurs (infrastructures et/ou matériels) également pour le fret.

Encadré 16 L'intégration du chemin de fer dans le PAV

Le périmètre Praille-Acacias-Vernets (PAV), très proche du centre ville et doté de nombreuses activités industrielles, fait l'objet d'un projet d'urbanisation et de densification qui va modifier en profondeur la localisation des entreprises de la zone. Il joue un rôle important dans le traitement de déchets et il est prévu qu'il garde ce rôle dans le futur.

Actuellement, les entreprises de traitement de déchets présentes sur la zone récupèrent 195'000 tonnes de déchets et traitent 54% des déchets recyclables du «centre urbain proche» (Genève, Carouge, Lancy et Onex). Le quartier étant au bénéfice d'une gare de marchandises avec une connexion optimale au réseau ferroviaire suisse et français, les déchets recyclables peuvent être en grande partie exportés par train en vue de leur recyclage hors du canton (métaux, papier et bois principalement).

La présence au PAV de ces filières de recyclage des déchets couplée avec l'accès au train et la proximité du centre-ville, explique toute la pertinence environnementale à préserver cette disposition dans le futur quartier. Ainsi, il est prévu de regrouper différentes fonctions liées à la gestion des déchets recyclables dans le futur quartier, appelé «pôle déchets» qui présentera également l'avantage d'une meilleure image, de concentrer les nuisances à un seul endroit et d'offrir des possibilités de mutualisation.

Encadré 17 railCare AG, une logistique ferroviaire fluide et efficace

Qui ? La société railCare AG a été rachetée par la chaîne de supermarchés Coop en 2010. railCare est une entreprise ferroviaire qui assure des transports porte-à-porte de marchandises avec la rapidité et la fiabilité d'un train voyageurs rapide.

Quoi ? railCare propose du transport combiné rail-route non accompagné. Il s'agit de navettes ferroviaires qui transportent des marchandises au lieu de personnes, allégeant d'autant le trafic routier. Son efficacité repose sur la mise en œuvre de techniques telles que le transbordement horizontal ou les locomotives hybrides (diesel/électrique). Ses trains courts, 240 mètres maximum, peuvent emprunter des trajets à grande vitesse comme pour le transport de passagers. Leur capacité permet d'embarquer l'équivalent de 14 poids lourds. Coop envisage de développer les services de railCare AG pour l'approvisionnement de ses supermarchés en produits surgelés, et pour celui de ses magasins Coop Pronto. Le système sera ensuite étendu à d'autres axes ferroviaires dans d'autres cantons et régions.

Quels impacts ? La solution proposée permet une réduction du trafic routier au profit du fret ferroviaire. A titre d'exemple, le projet CCG (City Cargo Geneve) a permis la réduction de 1,4 millions de km-camion par année rien que pour les marchandises de Coop.

Voir : <http://www.railcare.ch> ou <http://tinyurl.com/RailCare>

2.8 LES SYMBIOSES INDUSTRIELLES, NOUVELLES PRATIQUES ET MODÈLES D'AFFAIRES

Les symbioses industrielles incarnent une forme d'économie collaborative. Elles constituent un levier d'action puissant pour mettre en œuvre l'écologie industrielle. Emprunté à la terminologie de la biologie, le mot «symbiose» décrit des interactions étroites et mutuellement bénéfiques entre différentes espèces vivantes.

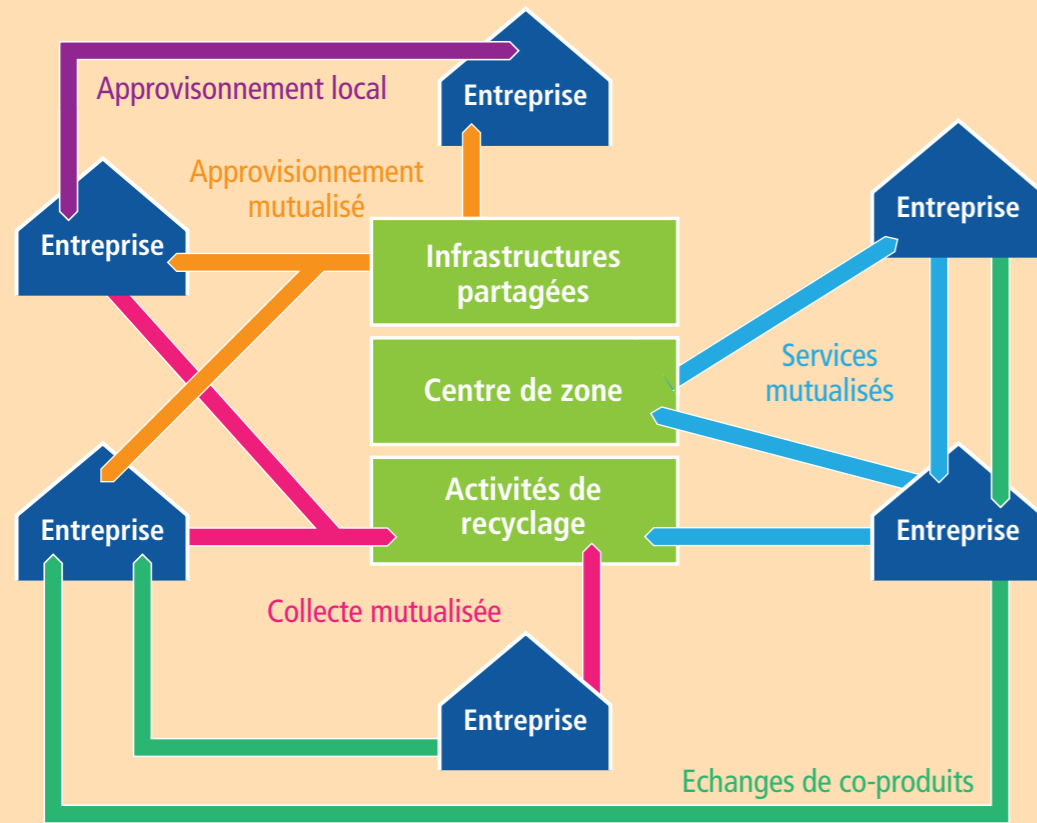
Appliquée aux activités économiques, cette notion consiste à promouvoir la réutilisation des rejets de certaines activités économiques comme matières premières par d'autres. Les symbioses industrielles proposent ainsi des stratégies inédites pour la gestion des ressources et des déchets en favorisant leur réutilisation à l'échelle locale et en proposant de nouvelles manières d'organiser les activités économiques sur un territoire.

Concrètement, les symbioses comportent différents niveaux d'échanges et de partages :

1. **Echange d'informations et d'expériences** sur les bonnes pratiques dans le domaine de la gestion efficace des ressources (matières, énergie, foncier);
2. Création de **réseaux d'échanges de co-produits** (matières, eau, énergie) permettant la réutilisation-valorisation locale d'un co-produit ou déchet par une autre entreprise (soit directement, soit par l'intermédiaire d'un tiers opérateur);
3. **Mutualisation de l'approvisionnement** en matières premières et en produits manufacturés ainsi que de la collecte des co-produits entre entreprises voisines;
4. **Partage d'infrastructures** pour la production centralisée de certains flux (essentiellement l'énergie) et le traitement de co-produits spécifiques en vue de leur réutilisation à l'échelle locale (voir illustration 17).

◀ *L'industrie chimique est riche en possibilités de symbioses industrielles (Firmenich SA, p. 74).*

Illustration 17
Possibilités de collaborations entre entreprises



Etude : potentiel de symbioses industrielles à Genève

Selon le principe des symbioses industrielles, les déchets d'une entreprise peuvent être utilisés par une autre entreprise, créant ainsi des circuits courts de valorisation des déchets. Néanmoins, certains déchets nécessitent un pré-traitement pour pouvoir être réutilisés, ce qui nécessite l'intervention de collecteurs et de recycleurs professionnels. L'illustration 18 présente des exemples de symbioses industrielles existant à Genève et en Suisse romande.

Un accompagnement peut s'avérer nécessaire aussi bien pour la détection de symbioses que pour leur concrétisation. Entre 2004 et 2010, le groupe de travail Ecosite a collaboré activement avec 32 entreprises situées dans les zones industrielles du canton de Genève afin de leur proposer des solutions nouvelles pour la gestion de leurs ressources. En 2006, Ecosite a organisé les premiers ateliers participatifs dédiés à la gestion des ressources dans les zones industrielles du canton. Aujourd'hui, la FTI anime des démarches participatives dans plusieurs écoParcs du canton.

Illustration 18
Exemples de symbioses industrielles existantes en Suisse romande en 2011

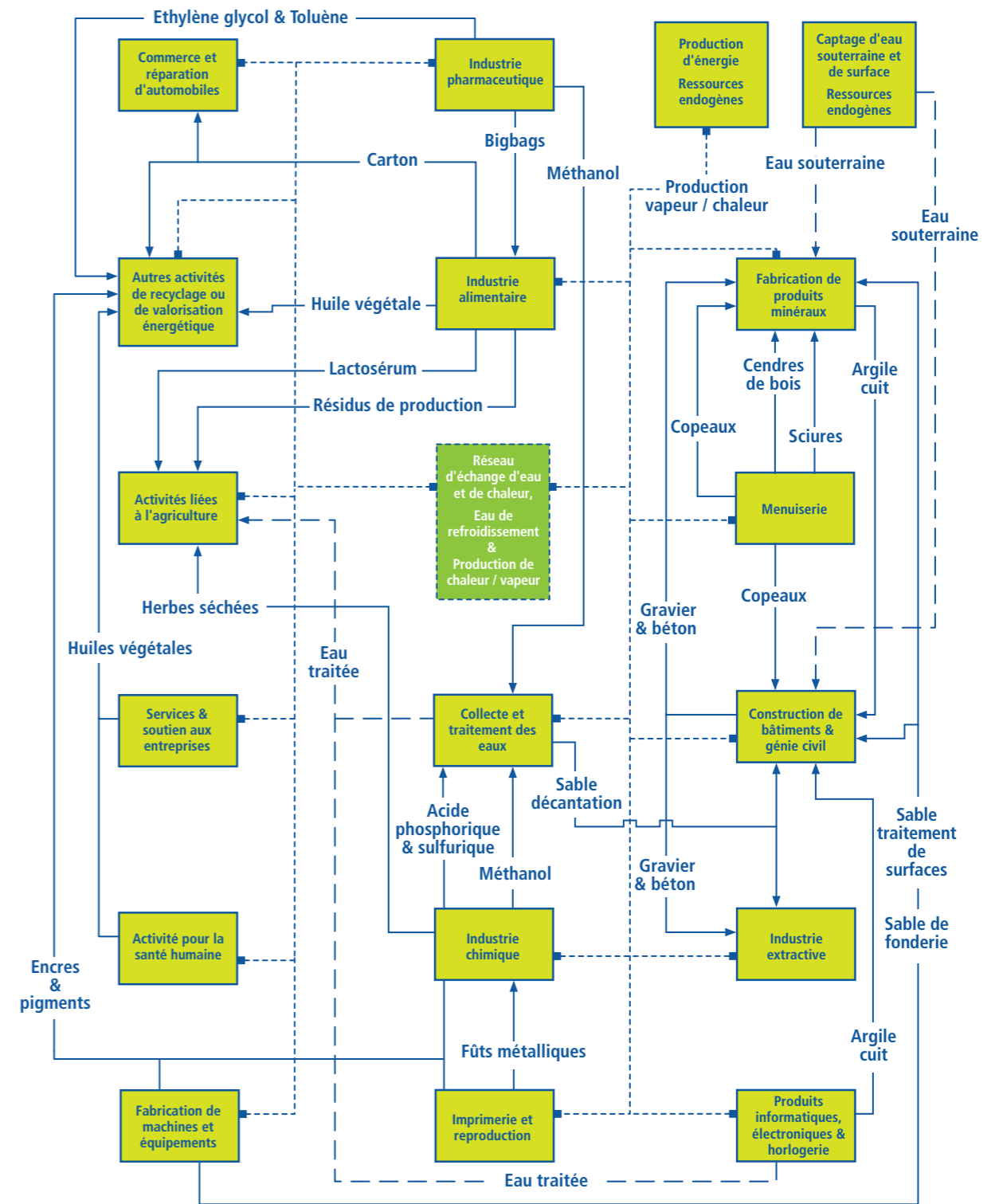
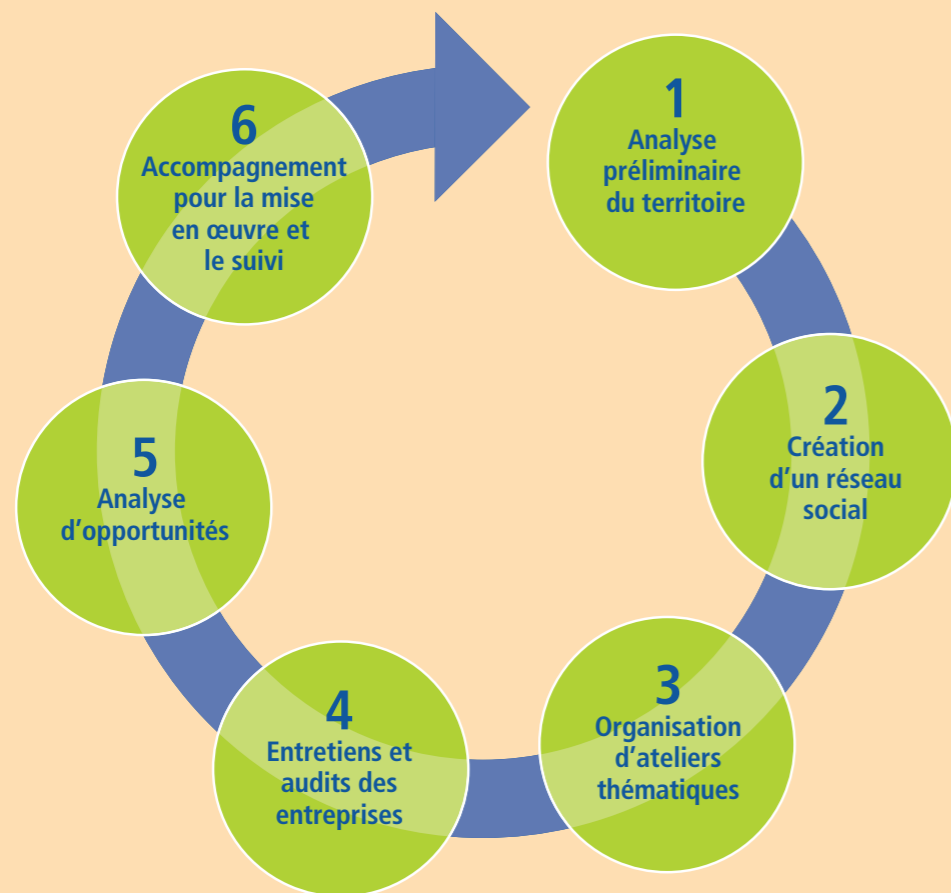


Illustration 19

Procédure de détection et de soutien à la mise en œuvre de symbioses industrielles dans les zones industrielles de Genève



Pour mener à bien ces projets, le groupe de travail Ecosite a travaillé avec l'entreprise Systèmes durables et le groupe d'écologie industrielle de l'université de Lausanne, où une thèse de doctorat réalisée par M. Guillaume Massard a contribué à l'élaboration d'une procédure de détection et de soutien à la mise en œuvre de symbioses industrielles dans les zones industrielles de Genève (illustration 19).

Le devenir des déchets du canton de Genève a également été étudié par le bureau Sofies SA pour le groupe de travail Ecosite en 2010. Cette étude a pu déterminer où étaient transportés et traités les déchets produits à Genève, ce qui a permis d'identifier des potentiels d'amélioration.

Action : accélération et facilitation de la mise en œuvre, le concept écoParc industriel de la FTI

Les activités de la fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI) favorisent la mise en œuvre de symbioses industrielles. En particulier, elles proposent aux entreprises des mesures de soutien à large échelle dans le cadre du concept des écoParcs industriels. Les cinq piliers d'un écoParc industriel sont :

Une gouvernance active : des partenariats sont conclus entre les entreprises, les communes et la collectivité afin de s'accorder sur les objectifs visés et d'optimiser l'utilisation des ressources.

Une stratégie d'implantation : la localisation et la proximité des différentes activités économiques deviennent des critères de durabilité et de diversification.

Les symbioses territoriales et énergétiques : les entreprises intègrent des cycles communs d'utilisation des ressources, les résidus de production de l'une devenant les ressources d'une autre ou de la collectivité.

Les mutualisations : dans une dynamique de collaboration, les entreprises partagent entre elles autant que possible des services, des ressources, des infrastructures (parkings, restaurants, surveillance, sécurité incendie, traitement des nuisances, espaces verts intégrés, etc.).

Un bâti à faible impact : les bâtiments et les sites sont conçus pour minimiser leur empreinte environnementale. L'éco-mobilité des personnes et des transports de marchandises sont également pris en compte.

Actions : la plateforme collaborative genie.ch

Une plateforme internet collaborative, intitulée GENIE - Geneva Network for Industrial Ecology (www.genie.ch) a été développée par différents organismes publics genevois: la direction générale de l'environnement, l'office cantonal de l'énergie, la fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI), les services industriels de Genève (SIG) et l'office pour la promotion des industries et des technologies (OPI).

La plateforme a les objectifs suivants :

- Sensibiliser les acteurs genevois et internationaux à l'écologie industrielle;
- Accompagner des projets par la mise à disposition d'outils et de ressources techniques;
- Identifier des opportunités et contribuer à la réalisation de symbioses industrielles à Genève;
- Animer des activités participatives pour favoriser l'émergence de projets;
- Informer et communiquer sur l'actualité en matière d'écologie industrielle.

La plateforme est disponible depuis le mois de juin 2015. Elles s'adresse aux entreprises, mais aussi à tous les organismes et personnes intéressés.



Perspectives : l'économie sociale et solidaire

Un grand nombre de matériaux ne peuvent pas être réutilisés directement, sans un traitement ad hoc qui doit parfois être effectué en dehors du canton. Or, le coût du transport, de la transformation ou même simplement du stockage est parfois trop élevé. Dans ces cas spécifiques, où les conditions du marché jouent en défaveur de certains matériaux ou produits, des modèles d'affaires alternatifs permettent d'y parvenir. L'économie sociale et solidaire devient ainsi un moyen de soutenir des projets d'écologie industrielle. La chambre d'économie sociale et solidaire de Genève (APRÈS-GE) la définit ainsi :

Citation : Définition de l'économie sociale et solidaire par Après GE

Economie privée à but non lucratif ou à lucrativité limitée, s'inscrivant dans des formes juridiques variées, l'économie sociale et solidaire (ESS) regroupe une multitude d'initiatives économiques locales, qui participent à la construction d'une nouvelle façon de vivre et de penser l'économie : elle respecte des critères éthiques, sociaux et écologiques et place la personne avant le profit.

Plus d'information sur les projets soutenus par Après Genève : <http://www.apres-ge.ch>



**Encadré 18
Firmenich SA**

Qui ? L'industrie chimique a compris depuis longtemps les avantages économiques de la réutilisation de certaines ressources, par exemple des co-produits résultant de certains procédés. L'entreprise Firmenich SA, l'un des leaders mondiaux de la fabrication de parfums, participe à plusieurs échanges avec d'autres entreprises, en particulier pour la réutilisation de l'acide phosphorique.

Quoi ? L'acide phosphorique est un co-produit que l'on peut réutiliser, en l'occurrence par une station d'épuration des eaux dans le canton de Bâle. Il est utilisé comme nutriment pour bactéries dans les installations de traitement des eaux.

Quels impacts ? Les impacts de la fabrication de produits chimiques neufs sont évités grâce à l'utilisation de co-produits offrant les mêmes caractéristiques. Cette symbiose permet le recyclage d'environ 300 tonnes par an d'acide phosphorique. Le flux est conditionné en citerne et transporté par camion.

Par ailleurs des catalyseurs, utilisés pour faciliter certaines réactions chimiques, sont récupérés et retournés aux fournisseurs, qui les régénèrent et les revendent à l'entreprise. Ce modèle d'affaires est intéressant pour les deux parties.

**Encadré 19
Givaudan SA**

Qui ? Sur son site de Vernier, la société de production de parfums et arômes Givaudan SA intègre depuis plusieurs années les concepts de l'écologie industrielle à sa gestion des déchets.

Quoi ? L'eau usée contenant des phosphates qui ne peuvent être traités dans la station d'épuration de l'entreprise est réutilisée dans une installation de traitement des eaux en Suisse alémanique en substitution de produits chimiques neufs. Cette symbiose industrielle évite chaque année la production d'une dizaine de tonnes de phosphore.

Par ailleurs un important travail de recherche a été fait pour extraire et valoriser au mieux des solvants issus des procédés de production. Selon leur qualité, ces solvants peuvent être réutilisés sur les mêmes postes de production ou pour d'autres procédés moins sensibles. Les résultats de ces travaux ont permis l'économie de plusieurs centaines de tonnes de solvants par année. Une autre symbiose industrielle permet la revalorisation énergétique en cimenterie des solvants usagés restants.

D'autres projets sont en cours pour identifier et développer de nouvelles filières de valorisation des déchets.

Quels impacts ? La réutilisation et la valorisation de produits chimiques usagés permettent de réduire les impacts environnementaux liés à leur traitement en fin de vie, mais également d'éviter les impacts de la production de produits neufs.



**Encadré 20
Un pôle de récupération et d'exportation des déchets dans le quartier Praille-Acacias-Vernets**

Qui ? La zone Praille-Acacias-Vernets (PAV) occupe une place importante dans la récupération des principales matières secondaires exportées par train et camion en vue de leur recyclage. Le périmètre du PAV accueille actuellement 13 entreprises au bénéfice d'une autorisation d'exploiter une installation de traitement de déchets. Elles assurent la reprise de 54% des déchets recyclables produits par le «centre urbain proche» (Genève, Carouge, Lancy et Onex).

Quoi ? L'évacuation de ces déchets (le «désapprovisionnement») de Genève est particulièrement efficace grâce à la présence d'une infrastructure ferroviaire performante, jouissant d'une situation centrale. Afin de permettre la construction de logements, ces activités doivent être réorganisées. Les scénarios de mutualisation prévoient un regroupement des fonctions sur un seul secteur de façon à créer un pôle unique en vue du recyclage des déchets autour de l'infrastructure ferroviaire, en mutualisant les espaces et les infrastructures.

Quels impacts ? Le pôle déchets présente l'avantage de concentrer les nuisances en un seul endroit et d'offrir des possibilités de regroupement des entreprises présentes sur le secteur.



||| PERSPECTIVES



PERSPECTIVES

3.1. PERSPECTIVES POLITIQUES ET INSTITUTIONNELLES

L'Etat de Genève détermine le cadre général favorisant la mise en pratique de l'écologie industrielle à large échelle. Les travaux effectués depuis 15 ans dans le cadre du groupe de travail Ecosite, et les projets réalisés dans leur prolongement, font ressortir un foisonnement d'idées et d'initiatives. Depuis les premiers travaux liés à l'Agenda 21, l'écologie industrielle se généralise aujourd'hui à Genève par la prise en compte des ressources naturelles dans l'évolution du territoire.

Comprendre et monitorer

L'Etat a le rôle de légitimer certaines mesures et de faciliter l'émergence et la réalisation de projets. En lien avec la planification territoriale, il est nécessaire d'affiner les instruments de **monitoring**, avec des indicateurs reliant l'écologie industrielle à l'urbanisation, aux logements et à la gestion du sous-sol. De tels indicateurs devraient être développés en rapport avec l'intégration de la zone d'activité dans l'environnement urbain et agricole, le type et la nature des activités accueillies, l'impact et la contribution environnementale ou les services proposés dans les zones industrielles.

Les concepts énergétiques territoriaux fonctionnent et permettent d'identifier des projets. Ils devraient être étendus à l'ensemble de la problématique des ressources afin de constituer un véritable instrument d'optimisation du **métabolisme urbain**, incluant un cadastre d'informations sur les ressources, leur localisation et la présence des entreprises.

Densifier de manière harmonieuse

L'objectif de Genève est d'**accélérer la densification** de certaines zones du canton en concevant de manière différente la densification des zones industrielles et de la zone villas en y intégrant la gestion des ressources naturelles.

Le lien entre le besoin de densification et le développement économique est primordial. C'est pourquoi il serait souhaitable de développer des critères d'installation pour les entreprises en fonction de leur activité, pour que leur implantation sur le territoire maximise la proximité avec les services et les réseaux dont elles ont besoin. Aujourd'hui la recherche d'un foncier adapté est réalisé par l'entreprise elle-même et décidé par des responsables commerciaux sur la base de critères essentiellement économiques. De nouveaux **critères d'implantation** pourraient être développés en cohérence entre la promotion économique et les instances en charge de l'écologie industrielle.

Faciliter l'émergence de projets

Imaginer des projets et positionner les entreprises est important. Les conditions cadres sont favorables aujourd'hui, mais il convient de faciliter et d'accélérer la mise en œuvre de projets au sein des zones industrielles et des zones adjacentes. **Qui facilite et accompagne les projets d'économie de ressources à Genève ?** La fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI) développe ce rôle avec son concept écoParcs. La multiplication et l'élargissement de ce type de dynamique sont une nécessité. D'autres acteurs sont indispensables et l'Etat pourrait soutenir ces initiatives en définissant des conditions cadres précises pour les étapes de montage de projet et concernant le rôle même de facilitateur.

Pour les réseaux d'énergie également, l'innovation se trouve donc dans la mise en place des projets, quand il est nécessaire de franchir des barrières mentales et planifier les différentes étapes au cas par cas. La présence d'un ou plusieurs acteurs facilitateurs est de plus en plus fondamentale.

La clé est de multiplier les espaces de discussion et de rencontre entre acteurs économiques et institutions pour favoriser les nouveaux modèles d'affaires mutualisés pour le recyclage et la réutilisation. Cette action est en cours grâce au développement d'une plateforme collaborative sur l'écologie industrielle.

Attirer des investisseurs pour multiplier les projets

Il est également nécessaire d'accroître les moyens financiers incitatifs et d'étendre leur domaine d'action afin de soutenir avec efficacité les projets des entreprises.

Pour répondre aux enjeux énergétiques actuels, Genève a besoin de solutions innovantes et financièrement rentables. Lors du développement de ces nouvelles solutions, les projets passent généralement par une phase de recherche et développement, puis par une phase pilote, où la rentabilité financière peut être difficile à assurer.

Les SIG, principal financeur de projets énergétiques à Genève, ont l'obligation d'assurer la rentabilité financière de tous leurs projets, et ne bénéficient pas de soutien ou coopération particulière des autorités pour le développement de nouvelles solutions innovantes, forcément plus risquées financièrement.

Selon les SIG, ceci constitue un frein à l'innovation et le développement, par exemple, de projets conjoints où l'accès à une garantie financière de l'Etat pourrait faciliter cela.

La mise en œuvre de solutions d'économie énergétique à grande échelle passe en grande partie par la mutualisation d'infrastructures et de services, par une conception innovante des projets, par l'accès au financement de projets parfois plus risqués ou moins rentables et par la présence volontariste d'acteurs de poids qui facilitent la coordination entre les différentes parties.

Il est donc nécessaire de revoir certaines conditions cadres, mais également d'attirer de nouveaux investisseurs et porteurs de projet pour favoriser leur multiplication. De nouveaux types de partenariat public-privé pourraient apporter des solutions à certains projets en manque de financement. Le savoir-faire sur certains types de partenariats public-privé (PPP) devra alors être développé car Genève a besoin d'innovation dans le domaine du montage et de la planification de projets.

La pesée des intérêts, une approche multiacteurs

Les projets de développement territorial et de planification en cours à Genève montrent qu'il n'est pas facile de choisir entre les multiples options possibles pour l'aménagement d'une portion de territoire.

Dans le cas de la gestion de l'eau, il manque également une fonction de conseil au sein de l'Etat relative à la gestion de la ressource lors de la mise en œuvre de nouveaux projets. Actuellement, cette fonction n'existe pas en tant que telle. Les maîtres d'ouvrage de projets, lorsqu'ils se retrouvent confrontés à des problématiques de gestion des ressources n'ont pas d'interlocuteur désigné pour les orienter vers les personnes compétentes, internes ou externes à l'Etat, et les rôles de conseil thématique au sein de l'Etat ne sont pas clairement définis.

Le Grand Genève ouvre des perspectives

Le Grand Genève a également un rôle central à jouer. Le développement d'une politique de développement économique cohérente qui permette la mise en œuvre de symbioses industrielles est nécessaire à l'échelle transfrontalière.

Une collaboration transfrontalière pour la gestion des ressources et des déchets a besoin d'être développée, malgré les contraintes légales liées aux transferts transfrontaliers de ressources et de déchets. La gestion des déchets urbains, les zones d'apport, la performance des infrastructures d'incinération, l'élimination des déblais et matériaux de démolition sont des sujets au cœur de l'actualité.

D'autre part, les lieux de travail partagés offrent des perspectives importantes pour réduire les impacts environnementaux des déplacements professionnels.



3.2 PERSPECTIVES D'ACTION

Poursuivre le développement des Cleantechs et des symbioses industrielles

Les travaux réalisés depuis 2001 et l'entrée en vigueur de la loi Agenda 21 à Genève ont démontré le potentiel pratique de l'écologie industrielle. Il reste néanmoins de nombreux défis à relever. Les pistes d'action suivantes ont été identifiées pour introduire encore mieux l'écologie industrielle dans la législation et l'action des organismes publics. Les entreprises et l'Etat de Genève peuvent lancer des projets, par exemple :

1. L'Etat de Genève est le plus grand employeur du canton et il peut donc montrer l'exemple. Concernant l'utilisation de matériaux de construction recyclés, l'Etat peut être moteur et devenir une vitrine pour l'ensemble de la construction à Genève. Il en est de même pour la collecte séparative des déchets.
2. Favoriser la mise sur le marché de technologies permettant de transformer des déchets en matières premières secondaires, en accompagnant les entreprises dans le choix de filières de valorisation optimales et en détournant certains déchets de l'incinération.

3. Développer une gestion optimisée des flux de matière et d'énergie dans les stations d'épuration des eaux, en adaptant leur fonctionnement afin de favoriser l'émergence de symbioses industrielles. Les exemples concernant les produits chimiques décrits dans le présent document pourraient être reproduits.
4. Réduire la consommation d'eau potable et respecter le milieu naturel : établir une statistique des pompages directs dans les cours d'eau et les nappes phréatiques afin d'évaluer le potentiel de substitution encore existant.

De nombreuses opportunités de développement social et économique durables pour Genève résident dans l'innovation, en particulier dans le domaine des Cleantechs. Genève souhaite renforcer son rôle de pionnier et de vitrine en la matière. Sur ce plan, la présence du CERN à Genève joue un rôle bénéfique, avec un processus de transferts de technologies qui pourrait s'intensifier.

La réalisation à grande échelle de projets dans le cadre de l'écologie industrielle, sous l'égide de l'Etat, et en partenariat avec les organismes publics et privés concernés, favorise de telles innovations. Ce processus contribue ainsi à renforcer le dynamisme et la robustesse de l'économie genevoise.

◀ Four rotatif pour le recyclage à chaud des enrobés bitumineux nécessaires à la construction des routes.

Bibliographie chronologique

- 1999 **21 actions pour entrer dans le XXI^e siècle, Un Agenda 21 pour Genève**, Etat de Genève, société pour la protection de l'environnement (SPE), rapport de synthèse
- 2003 **Métabolisme des activités économiques du canton de Genève - phase 1**, Rapport final, ESU Services, MANECO et Wertstoff-Börse GmbH
- 2005 **Ecologie industrielle à Genève, premiers résultats et perspectives**, Service cantonal de gestion des déchets (GEDEC), brochure grand public
- 2008 **Agriculture et énergie**, J. Faessler, B. Lachal, université de Genève, rapport d'étude R3 du projet VIRAGE
- 2009 **EcomatGe**, département du territoire, service de géologie, sols et déchets, brochure grand public
- 2009 **Guide technique des applications recommandées dans le cadre du projet EcomatGe**, Etat de Genève, brochure grand public
- 2009 **Métabolisme agricole franco-valdo-genevois, Etat des lieux et synthèse**, J. Faessler, D. Gallay, B. Lachal, université de Genève, rapport d'étude du projet VIRAGE
- 2010 **Performance environnementale des produits «vin rouge» et «tomate» à Genève**, Etat de Genève, rapport d'étude
- 2010 **Ecobilan de la tomate et du vin rouge**, Direction générale de l'agriculture, brochure grand public
- 2010 **Etude transport de marchandises et logistique – volet 2, Cahier mobilité no 16-2**, Etat de Genève, Grand Genève, rapport d'étude
- 2010 **Le métabolisme agricole de l'agglomération franco-valdo-genevoise**, Etat de Genève, brochure grand public
- 2010 **Modelling long-term Global Lithium Stocks and Flows, an energy perspective in the context of e-mobility transition**, Laetita Carles, école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), travail de Master en sciences et ingénierie de l'environnement
- 2010 **Valorisation intensive des énergies renouvelables dans un territoire donné**, J. Faessler, B. Lachal, université de Genève, rapport d'étude R4 du projet VIRAGE
- 2010 **Valorisation énergétique des biomasses**, J. Faessler, A. Aeberhard, B. Lachal, université de Genève, rapport d'étude R5 du projet VIRAGE
- 2011 **Les réseaux d'entreprises et les symbioses industrielles, Ecologie industrielle à Genève**, Etat de Genève, rapport d'étude
- 2011 **Les symbioses industrielles : une nouvelle stratégie pour l'amélioration de l'utilisation de ressources matérielles et énergétiques par les activités économiques**, G. Massard, université de Lausanne, faculté des géosciences et de l'environnement, thèse de doctorat
- 2011 **Ecologie industrielle à Genève, le transport de marchandises : enjeux pour Genève**, Etat de Genève, brochure grand public
- 2012 **Dynamic Modelling of Material Flows and Sustainable Resource Use, Case studies in regional metabolism and space life support systems**, Emilia Suomalainen, université de Lausanne, faculté des géosciences et de l'environnement, thèse de doctorat
- 2012 **Schéma de protection, d'aménagement et de gestion des eaux (SPAGE)**, département de l'intérieur et de la mobilité, Etat de Genève, document de référence
- 2012 **Synthèse du projet d'agglomération 2012**, Grand Genève, rapport d'accompagnement
- 2012 **Urban Mining : Assessing the Current Knowledge and Prospective Solutions for the Usage of Mineral Resources Stocks in Urban Sphere**, Antoine Frédéricq, école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), travail de Master en sciences et ingénierie de l'environnement
- 2013 **Actions des communes genevoises en faveur de l'environnement**, Etat de Genève, association pour la sensibilisation au développement durable à Genève, université de Genève, document grand public
- 2013 **Environnement 2030, Concept cantonal de la protection de l'environnement**, Etat de Genève, document de référence
- 2013 **Plan directeur cantonal Genève 2030**, Etat de Genève, document de référence

Liste des personnes consultées

- M. Daniel Chambaz**, directeur général, direction générale de l'environnement (DGE), département de l'environnement, des transports et de l'agriculture (DETA), Etat de Genève
- M. Matthieu Raeis**, chef du secteur déchets, service de géologie, sols et déchets (GESDEC), DGE, DETA, Etat de Genève
- M. Yves Cretegnny**, directeur, fondation pour les terrains industriels de Genève (FTI)
- M. Marc Sneiders**, responsable écoParcs industriels, FTI
- M. Olivier Epelly**, directeur, office cantonal de l'énergie (OCEN), département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (DALE), Etat de Genève
- M. Vassilis Venizelos**, directeur, service de la planification directrice, office de l'urbanisme, département de l'aménagement, du logement et de l'énergie (DALE), Etat de Genève
- M. Alexandre Epalle**, secrétaire général adjoint, département de la sécurité et de l'économie (DSE), Etat de Genève
- M. Daniel Loeffler**, directeur, service de la promotion économique, (DSE) Etat de Genève
- M. Rémy Zinder**, directeur, service cantonal du développement durable, département présidentiel (PRE), Etat de Genève
- M. Christophe Higy**, directeur général, direction générale de l'eau (DGEau), DETA, Etat de Genève
- M. Jean-Pascal Gillig**, chargé de projet, service Agenda 21 - Ville durable, Ville de Genève
- M. Laurent Horvath**, responsable Cleantech, office pour la promotion des industries et des technologies (OPI)
- M. Alexandre Bagnoud**, responsable environnement, services industriels de Genève (SIG)

Liste des entreprises consultées

- Biogaz Mandement, M. Marc Zeller
- Terrabloc Sarl, M. Laurent de Wurstemberger
- Givaudan SA, M. Paulo Miguel Lopes
- Firmenich SA, M. Marc Molliet
- railCare AG, M. Sylvain Galé
- Gravières d'Epeisses SA, M. Nicolas Di Padova
- Composteurs en bord de champ, M. René Stadler
- Les Artichauts, M. Mathias Gudinchet

Liste des illustrations

Illustration 1	: Les territoires du Grand Genève	10
Illustration 2	: Les niveaux d'action de l'écologie industrielle à Genève	13
Illustration 3	: Schéma de principe des études de flux de matière	14
Illustration 4	: Rôles et interactions des acteurs impliqués dans un écoParc	18
Illustration 5	: Textes de loi et activités de mise en œuvre de l'écologie industrielle à Genève	19
Illustration 6	: Les acteurs genevois actifs en écologie industrielle	21
Illustration 7	: Consommation des principales ressources à Genève pour l'année 2000	30
Illustration 8	: La ville Ecomat : applications réalisables à base de matériaux recyclés	34
Illustration 9	: Evolution des flux de cuivre dans l'économie genevoise jusqu'en 2080	40
Illustration 10	: Evolution des flux de phosphore dans l'économie genevoise jusqu'en 2080	41
Illustration 11	: Cartographie de la «mine urbaine» de cuivre à Genève	42
Illustration 12	: Détail des flux énergétiques primaires liés aux cultures maraîchères du Grand Genève	46
Illustration 13	: Ecobilan de vins rouges et de tomates de différentes origines	47
Illustration 14	: Bâtiments existants et neufs alimentés par le GLN	55
Illustration 15	: Echange de chaleur entre l'industrie et le logement	58
Illustration 16	: Les moyens de transports utilisés pour le transport de marchandises à Genève et leurs émissions de gaz à effet de serre en équivalent CO ₂	66
Illustration 17	: Possibilités de collaboration entre entreprises	70
Illustration 18	: Exemples de symbioses industrielles existantes en Suisse romande en 2011	71
Illustration 19	: Procédure de détection et de soutien à la mise en œuvre de symbioses industrielles dans les zones industrielles de Genève	72

Liste des encadrés

Encadré 1	: L'agglomération franco-valdo-genevoise (Grand Genève)	10
Encadré 2	: La Genève internationale et l'environnement	11
Encadré 3	: Petit lexique de l'écologie industrielle	12-13
Encadré 4	: Comprendre le métabolisme de notre économie	14
Encadré 5	: «Récupérer plutôt que jeter» : une action de la Ville de Genève pour la réparation des produits	24
Encadré 6	: Terrabloc Sarl, lauréat de la bourse cantonale du développement durable 2011	35
Encadré 7	: Gravière d'Epeisses SA (GESA)	36
Encadré 8	: Le potentiel des mines urbaines, l'exemple du cuivre	42
Encadré 9	: Le compost en bord de champs, exemple de circuit court, lauréat du prix cantonal du développement durable 2008	48
Encadré 10	: L'association Les Artichauts, production de plantons en milieu urbain	49
Encadré 11	: Biogaz Mandement, lauréat du prix cantonal du développement durable 2012	51
Encadré 12	: Le réseau Genève-Lac-Nations	55
Encadré 13	: CAD-ZIPLO, rapprocher entreprises et logements	58
Encadré 14	: CADéco Jonction, un réseau pour le nouveau quartier	58
Encadré 15	: L'arrosage des espaces verts par l'eau du lac dans le quartier des organisations internationales	63
Encadré 16	: L'intégration du chemin de fer dans le PAV	67
Encadré 17	: railCare AG, une logistique ferroviaire fluide et efficace	67
Encadré 18	: Firmenich SA	74
Encadré 19	: Givaudan SA	74-75
Encadré 20	: Un pôle de récupération et d'exportation des déchets dans le quartier Praille-Acacias-Vernets	75

Liste des abréviations

ACV	: analyse de cycle de vie
CAD	: chauffage à distance
CET	: concepts énergétiques territoriaux
CEVA	: liaison ferroviaire Cornavin – Eaux-Vives – Annemasse
DGAE	: direction générale des affaires économiques
DGEau	: direction générale de l'eau
DGE	: direction générale de l'environnement
EPFL	: école polytechnique fédérale de Lausanne
FRC	: fédération romande des consommateurs
FTI	: fondation pour les terrains industriels de Genève
FONGIT	: fondation genevoise pour l'innovation technologique
GCBC	: groupement des composteurs en bord de champs
GESDEC	: service de géologie, sols et déchets (anciennement GEDEC)
GLCT	: groupement local de coopération transfrontalière
GLN	: Genève-Lac-Nations
GRTA	: Genève Région, Terre Avenir
HEAD	: haute école d'art et de design de Genève
HEPIA	: haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève
LZIAM	: loi générale sur les zones de développement industriel ou d'activités mixtes
MFA	: de l'anglais Material Flow Analysis
OBA	: office des bâtiments
OCEN	: office de l'énergie (anciennement SCANE)
OCSTAT	: office cantonal de la statistique
OPI	: office pour la promotion de l'industrie et des technologies
OU	: office de l'urbanisme
PDCn	: plan directeur cantonal 2030
PDER	: plan directeur des énergies de réseaux
PLA	: plan localisé agricole
PLQ	: plan localisés de quartier
SCANE	: service cantonal de l'énergie (aujourd'hui OCEN)
SCDD	: service cantonal du développement durable
SIG	: services industriels de Genève
VIRAGE	: valorisation intensive des énergies renouvelables dans l'agglomération genevoise
ZIPLO	: zone industrielle de Plan-les-Ouates