



UNIL | Université de Lausanne



## *La dynamique globale des parcs (éco-)industriels*

**Version enrichie pour diffusion libre**

**Prof. Suren ERKMAN**

**Faculté des géosciences et de l'environnement, UNIL**

**Président, Groupe SOFIES**

**AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES ÉCONOMIQUES**

**Impacts stratégiques de développement**

**Québec, 11 et 12 juin 2019**

**SOFIES (Solutions for Industrial Ecosystems)**

**Genève – Zurich – Paris – Londres - Bangalore**

***www.sofiesgroup.com***

**Mise en œuvre de solutions de durabilité pour les entreprises, les collectivités publiques, et les organisations internationales.**



**sofies**  
leading sustainability

## Machine à vapeur haute pression de James Watt, 1781 Une innovation «disruptive» et «autocatalytique»

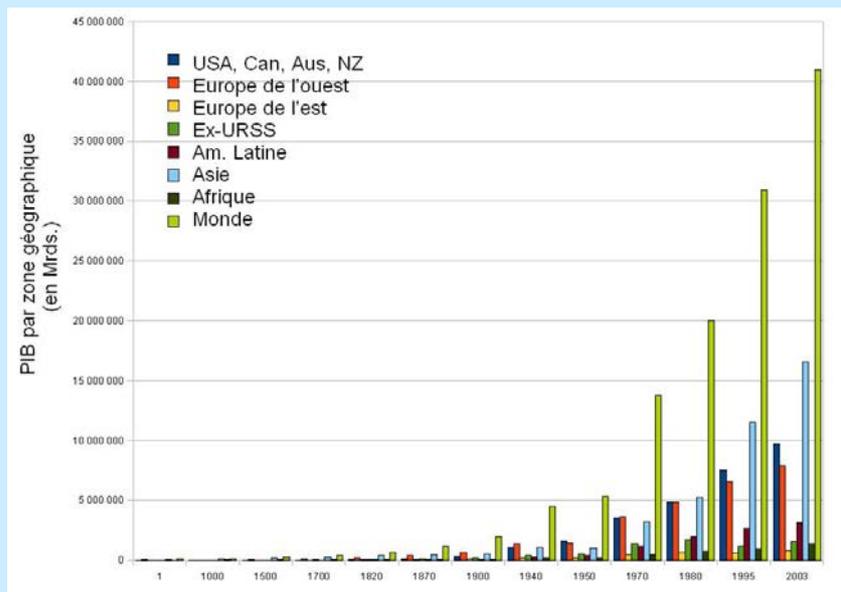
Innovation «autocatalytique», car elle a permis de pomper l'eau souterraine dans les mines, donc d'extraire plus de charbon, donc de pouvoir construire plus de machines à vapeur, permettant d'extraire plus de charbon, etc.

A rendu possible la société industrielle grâce à l'abondance énergétique.

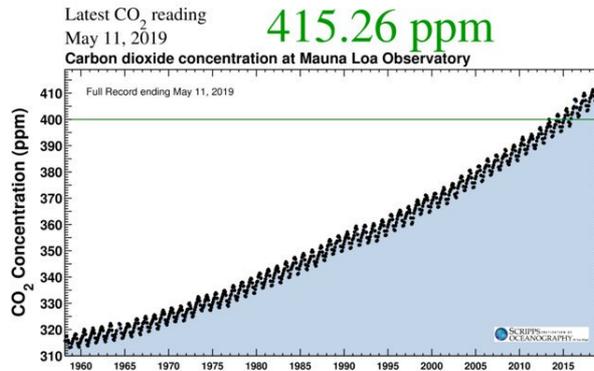


## Industrialisation et croissance économique mondiale

(Source: Angus Maddison, OCDE)



## Mesure de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> Observatoire de Mauna Loa (Hawaii), 11 mai 2019



### Concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air en constante augmentation

Unité: ppm = parties par million. Pour 1 million de molécules d'air, on compte aujourd'hui 415 molécules de CO<sub>2</sub>, contre 280 au début de l'ère industrielle.

## Eco-cité industrielle Zenata (Casablanca, Maroc) Prise en compte du risque climatique (inondations)



[www.zenataecocity.ma](http://www.zenataecocity.ma)

## **Système industriel: perspective historique**

### **Nouvelles formes d'industrialisation ?**

#### **Deux grandes tendances:**

- «Economie verte» (développement durable)
- «Industrie 4.0» (numérisation intégrale)

## **Parcs industriels et chaînes de valeur**

### **Parcs industriels:**

**Forme privilégiée d'organisation spatiale des activités productives**

### **Enjeux sociaux:**

**env. 450 millions d'emplois au plan global**

## **Avantages d' un parc industriel (1)**

**Pour une région:**

- **Outil pour promouvoir le développement industriel et économique dans une région.**
- **Vecteur pour décentraliser l' activité industrielle, en redistribuant la production et l' emploi dans les régions qui en ont besoin.**
- **Moyen pour réduire les coûts d' investissement régionaux.**
- **Le regroupement des activités sur un même site facilite la gestion des impacts environnementaux.**

## **Avantages d' un parc industriel (2)**

**Pour les entreprises:**

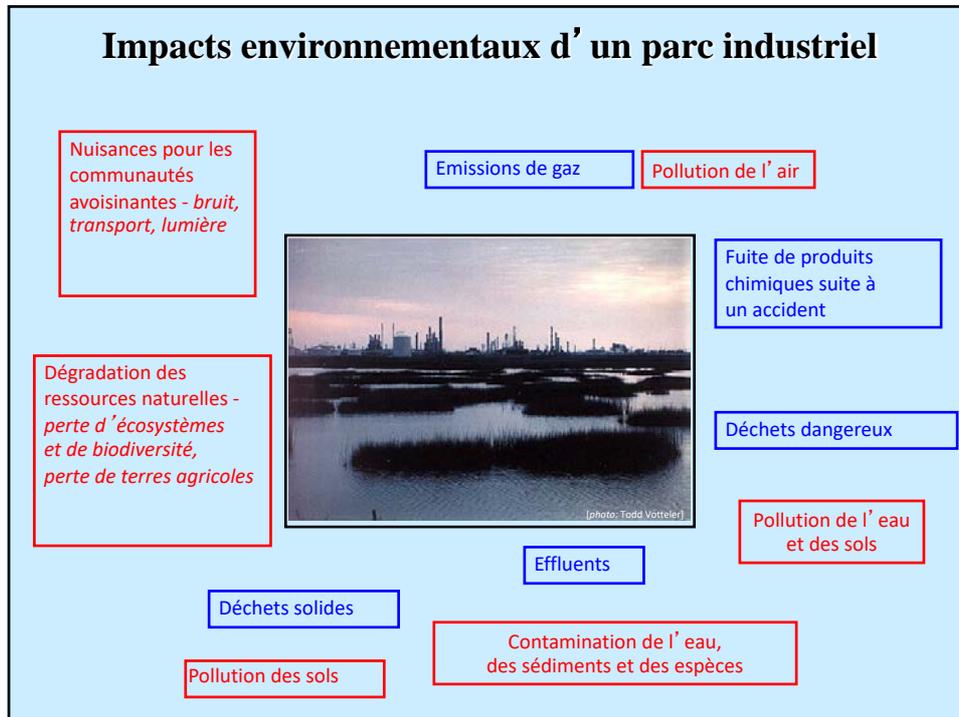
•**Réduction des coûts de construction:**

**l' infrastructure existe déjà, l' octroi de permis est souvent facilité.**

•**Réduction des coûts de fonctionnement:**

**partage des coûts des services collectifs.**

## Impacts environnementaux d' un parc industriel



## Background historique

- **Proximité géographique des activités de production (artisanale) : dès l'Antiquité**
- **Révolution industrielle : les activités industrielles se situent dans les villes**
- **Par la suite, les industries se concentrent de + en + dans les régions suburbaines des villes.**
  - **Séparer les activités polluantes des zones résidentielles**
  - **Main d'œuvre peu chère**
  - **Terrain peu cher et disponible, ce qui permet l'expansion**

## 1<sup>er</sup> parc industriel

- Le 1<sup>er</sup> parc industriel planifié : Trafford Park, près de Manchester, dans les années 1890.
- Encore aujourd'hui le plus grand parc industriel d'Europe



<http://www.the-lawrences.com/tl-traffordpark>

## Les parcs industriels au XX<sup>ème</sup> siècle

- D'autres parcs sont créés tout au long du XX<sup>ème</sup> siècle, notamment en Europe et en Amérique du Nord.
- Ex.: Usines Angus, à Montréal, en 1948 (12'000 emplois, Canadian Pacific Railway).



## **Special Economic Zones (SEZ) Free Trade Zones (USA)**

**Environ 4'500 SEZs dans le monde ;  
66 millions d'emplois (dont plus de 30 en Chine).**



<http://rlb.com/en/projects/texas-instruments-clark-facility-clark-freeport-zone-pampanga-philippines/>

## **Une forme particulière de zone industrielle: les parcs scientifiques et techniques**



**Fort développement industriel actuellement en cours  
dans de nombreux pays émergents:**  
Ethiopie, Egypte, Rwanda, Ghana, Sénégal, Vietnam, Indonésie, Thaïlande,  
Colombie, Perou, etc. – principalement sous forme de parcs industriels.

**Exemple: Hawassa Industrial Park (Textile), Ethiopie**



Parc industriel textile de Hawassa, Ethiopie. Photo: Nadia Zuodar

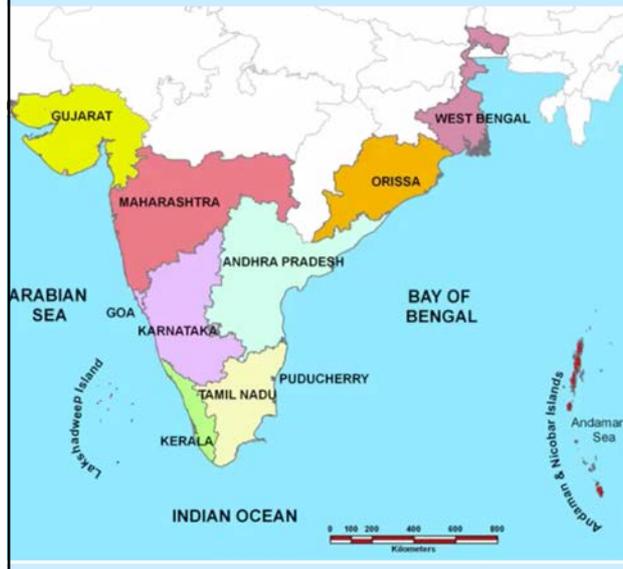
**GIZ (coopération technique allemande):**  
**Groupe de travail sur les Sustainable Industrial Areas (SIA)**

<https://www.siaconference.com>



## Complexe de Dahej lié au «Mumbai-Delhi Industrial Corridor»

Contexte: «Sagarmala Project » («Guirlande de ports»)



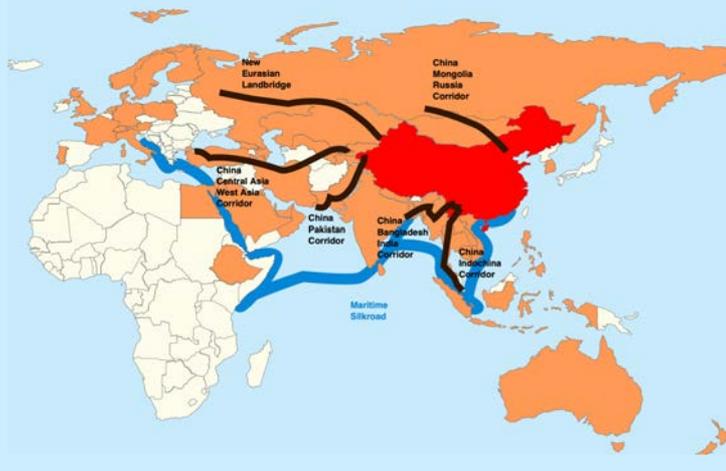
Investissements:  
~ 100 milliards USD

- 9 States + 3 UT
- 7500km coast line
- 20% of population

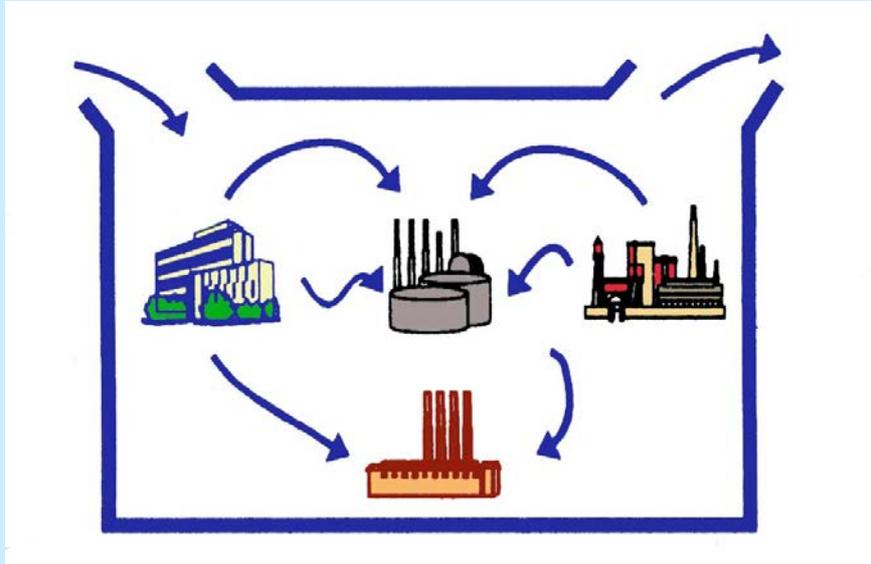
(UT = Union territories)

## Initiative de la République populaire de Chine: «Belt and Road Initiative» ou «One Belt One Road»

Plus grand projet d'infrastructures à ce jour  
(1,3 trillions USD), y compris nombreux parcs industriels



## Symbioses ou synergies (éco-)industrielles



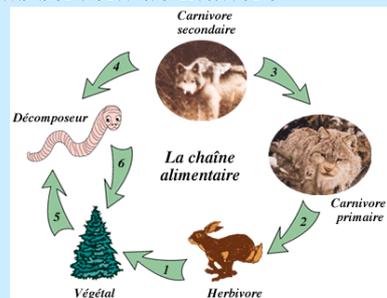
Source: R.P. Côté and al.

### Idée de départ des symbioses industrielles:

Création de «chaînes alimentaires» ou «réseaux trophiques» entre entreprises

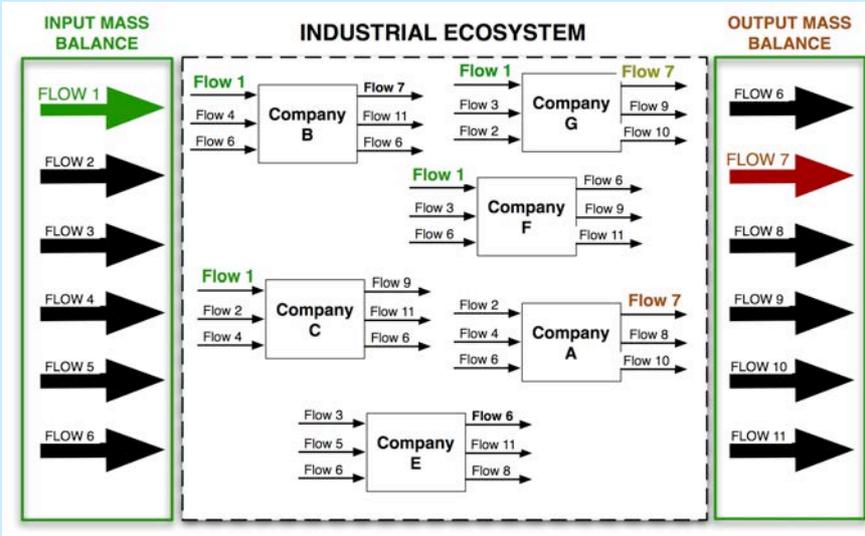
*«Dans un tel système, la consommation de matière et d'énergie est optimisée, et les effluents d'un processus servent de matière première à d'autres processus.»*

**R. Frosch & N. Gallopoulos, 1989**



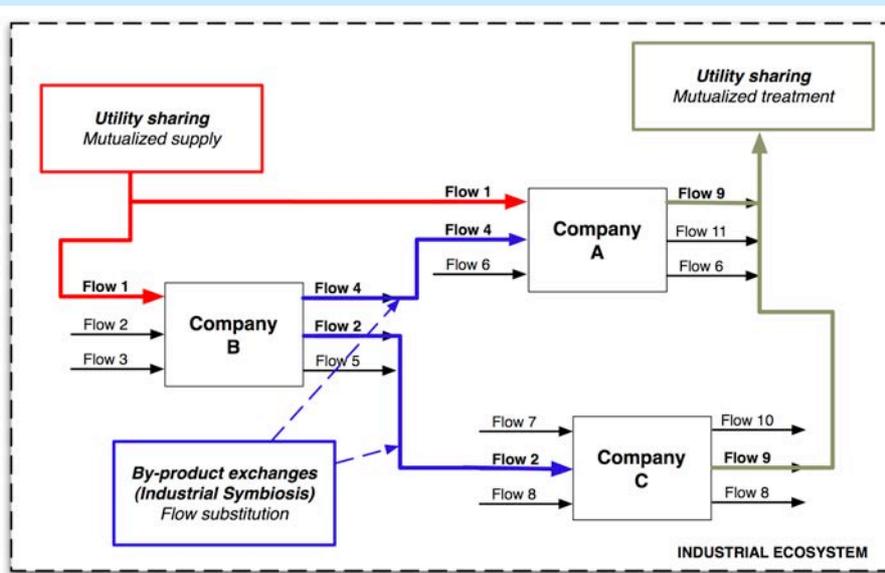
## Synergies (ou symbioses) éco-industrielles

### Mesures des flux de ressources (matière, énergie)



Source: G. Massard, UNIL

## Symbioses (ou synergies) écoindustrielles



Source: G. Massard

## Les parcs éco-industriels (EIPs)

Zones dans lesquelles les entreprises collaborent pour minimiser leurs impacts environnementaux ...et pour améliorer les performances économiques et sociales. Exemple: Kalundborg (Danemark).



[http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/images\\_article/nclimate1541-f1.jpg](http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/images_article/nclimate1541-f1.jpg)

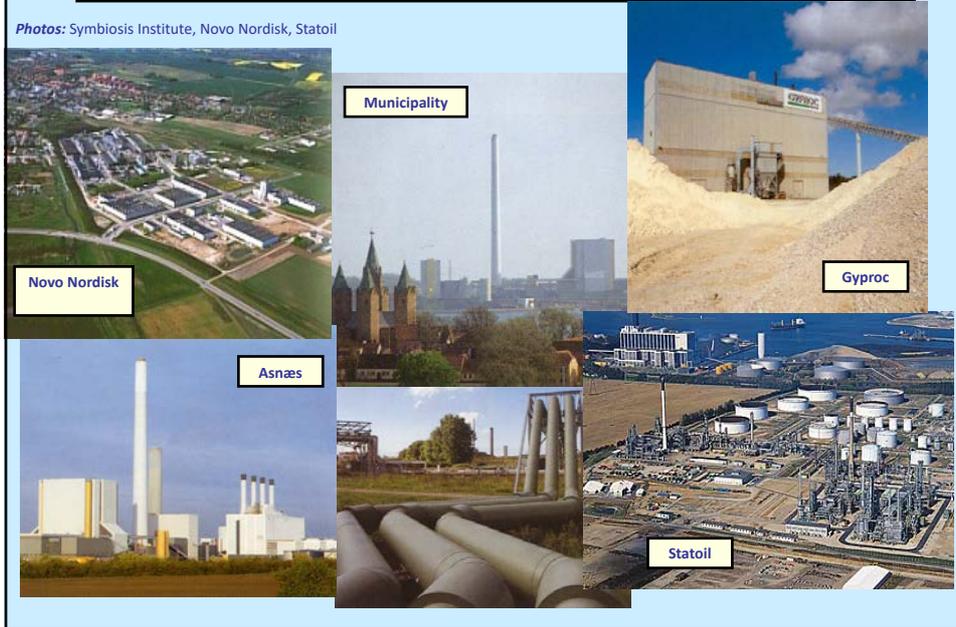
*La Symbiose industrielle de  
Kalundborg, Danemark*

*<http://www.symbiosis.dk>*

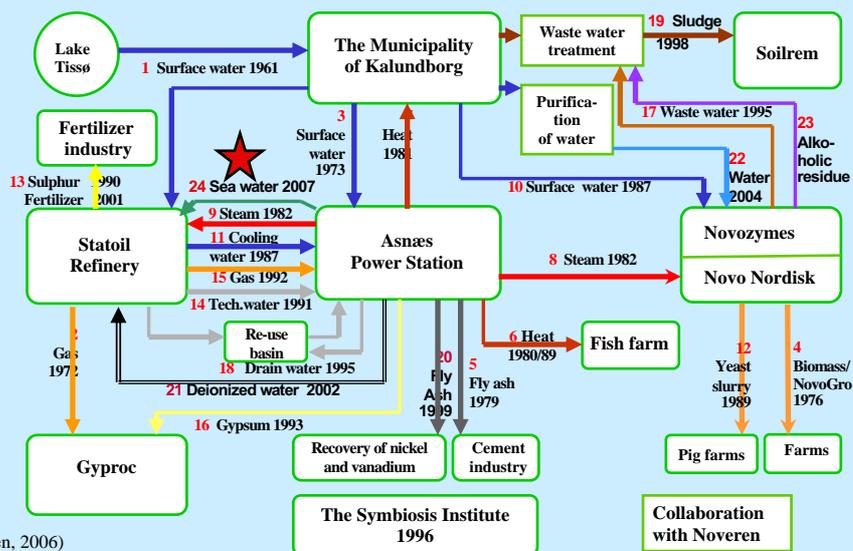
Asnæs Power Station [photo: Indigo Development]

## Les partenaires historiques de la Symbiose

Photos: Symbiosis Institute, Novo Nordisk, Statoil



## La Symbiose industrielle de Kalundborg: un système dynamique



**Ernie Lowe (Indigo Development, San Francisco):**

*Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*

(Asian Development Bank, 2001)

## What is an eco-industrial park?

"A community of manufacturing and service businesses located together on common property. Member businesses seek *enhanced environmental, economic, and social performance* through *collaboration* in managing environmental and resource issues.

By working together, the community of businesses seeks a *collective benefit* that is greater than the sum of individual benefits each company would realize by only optimizing its individual performance."

(Lowe, 2001)

<http://www.indigodev.com>

<http://indigodev.com/ADBHBdownloads.html>

**Acteur principal  
au plan  
international**



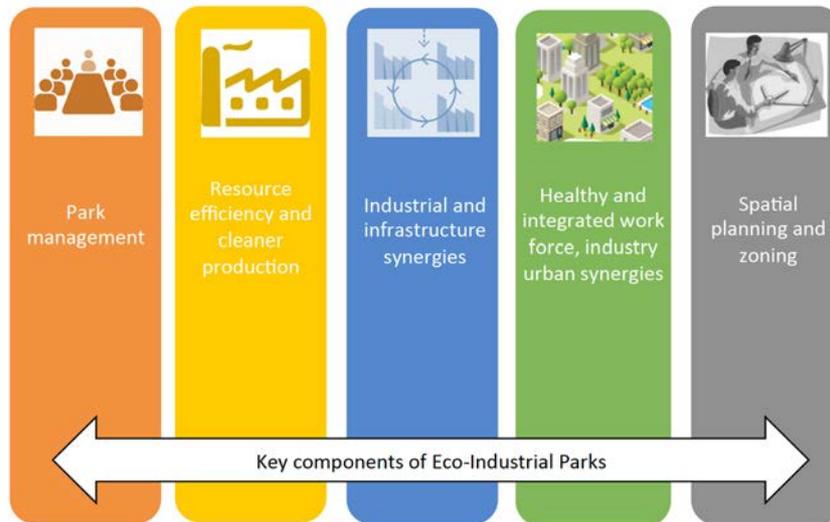
UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

## The United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

**Status:** Specialized agency of the United Nations with **171 Member States**, 650 staff members, 46 field offices

- **Mandate:** promoting and accelerating *inclusive and sustainable industrial development* in developing countries and economies in transition
- **Director General:** Mr. Li Yong (China)

## Key components of eco-industrial parks



Source: F. Meylan, UNIDO

## Avantages des parcs éco-industriels selon l'UNIDO

### Benefits of eco-industrial parks

#### Beneficiaries

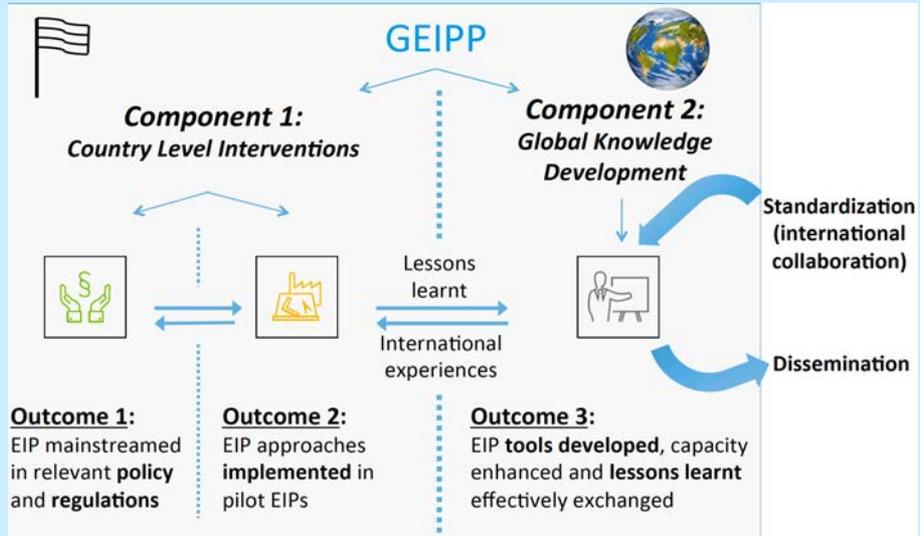


- Reduced use of raw materials, water, energy and chemicals (toxic)
- Minimized green house gas emissions and release of pollutants
- Reduced waste through resource circularity
- Reduced economic, environmental, social risks
- Improved competitiveness and profitability
- Shared recycling facilities
- Creation of good-quality jobs
- Improved workers health and safety
- Increased quality of life for communities
- Better access to new technologies and finances

Source: F. Meylan, UNIDO

## UNIDO Global Eco-industrial Parks Project (GEIPP)

Début du projet: été 2019, durée 4 ans.



Source: F. Meylan, UNIDO

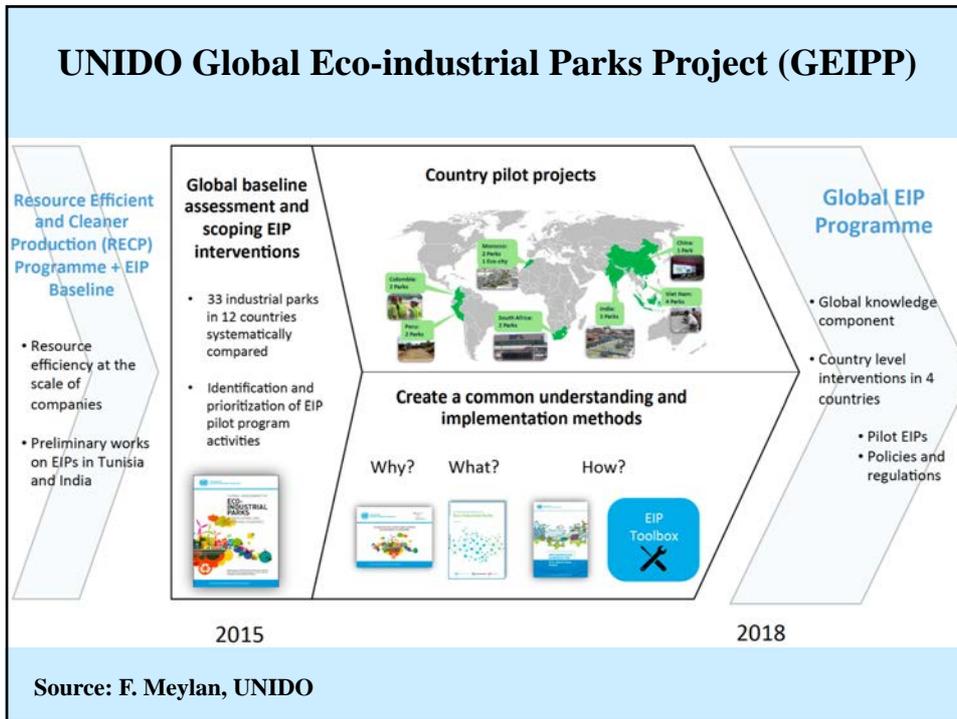
## UNIDO Global Eco-industrial Parks Project (GEIPP)

### Parcs industriels pilotes, participant au projet

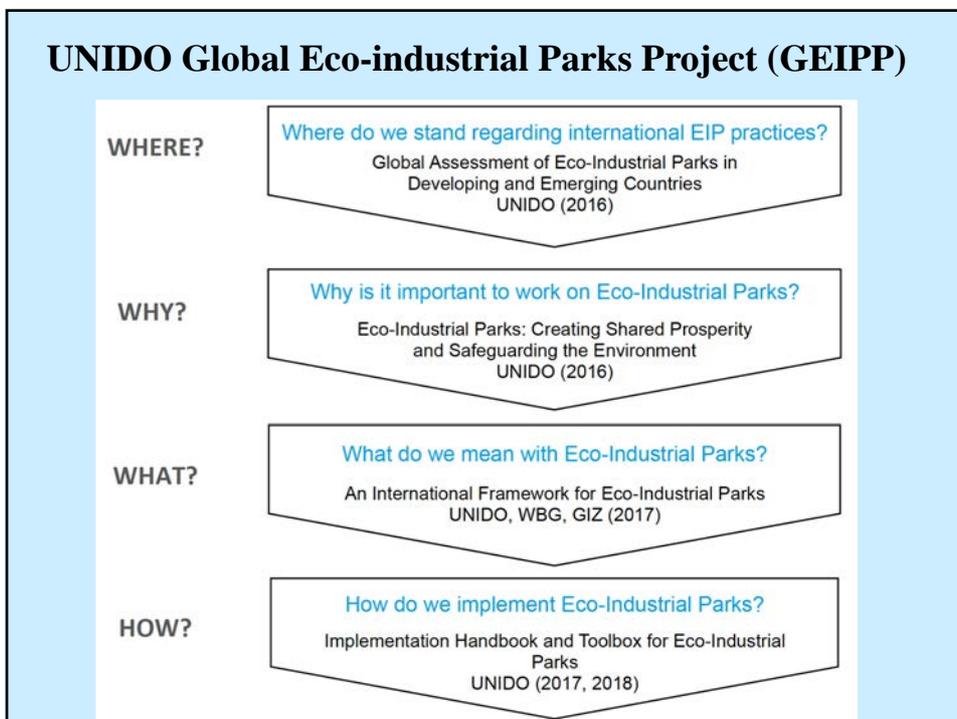


Source: F. Meylan, UNIDO

## UNIDO Global Eco-industrial Parks Project (GEIPP)



## UNIDO Global Eco-industrial Parks Project (GEIPP)





UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

GLOBAL ASSESSMENT OF  
**ECO-  
INDUSTRIAL  
PARKS**  
IN DEVELOPING AND  
EMERGING COUNTRIES

**33 industrial estates (including some EIPs)**

**12 countries: Cambodia, China, Columbia, Costa Rica, El Salvador, Egypt, India, Marocco, Peru, South Africa, Tunisia, Vietnam**

**[www.unido.org](http://www.unido.org)**

### **Symbioses ou synergies éco-industrielles:**

- **Bénéfices «collatéraux» des réseaux éco-industriels:**
  - **redynamisation du tissu économique local**
  - **nouvelles activités, nouveaux métiers**
  - **catalyseur pour la transition énergétique**
  - **échanges de savoirs-faire locaux**
  - **amorce systémique pour les démarches territoriales**

## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

### 1) bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»

## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

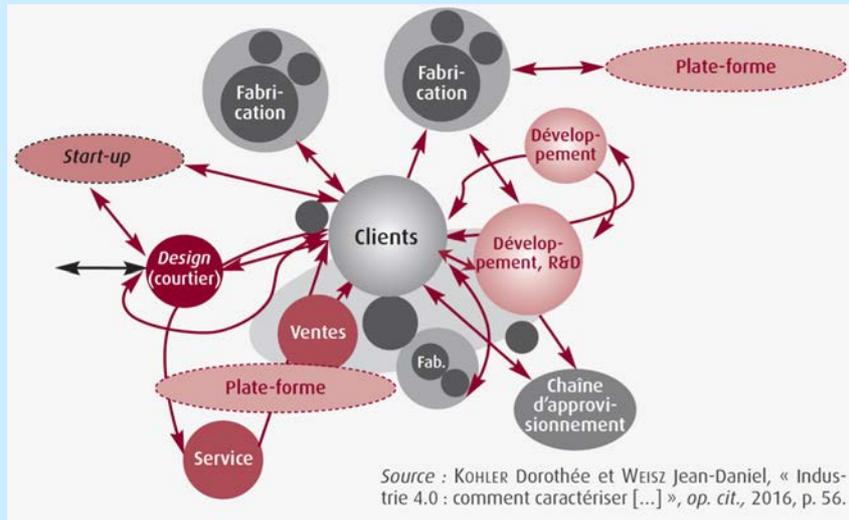
### 1) bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»

# ***Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociétale***

PAR DOROTHÉE KOHLER ET JEAN-DANIEL WEISZ <sup>1</sup>

© futuribles n° 424 · mai-juin 2018

## **Industrie 4.0: innovations technologiques et logistiques, mais aussi nouveaux «écosystèmes» de valeur**



## **Tendances pour les parcs (éco-)industriels**

- 1) bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»**
- 2) Hybridation villes / activités industrielles**

## Hybridation: parcs éco-industriels et villes durables

Concerne notamment les zones portuaires



UNIDO

## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

- 1) Bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»
- 2) Hybridation villes / activités industrielles
- 3) Agriculture en milieu contrôlé / confiné

**Fermes verticales  
(agriculture en milieu confiné)**



**Fermes verticales: *Financial Times*, 11 juin 2019**

Ocado ploughs £17m into indoor farms

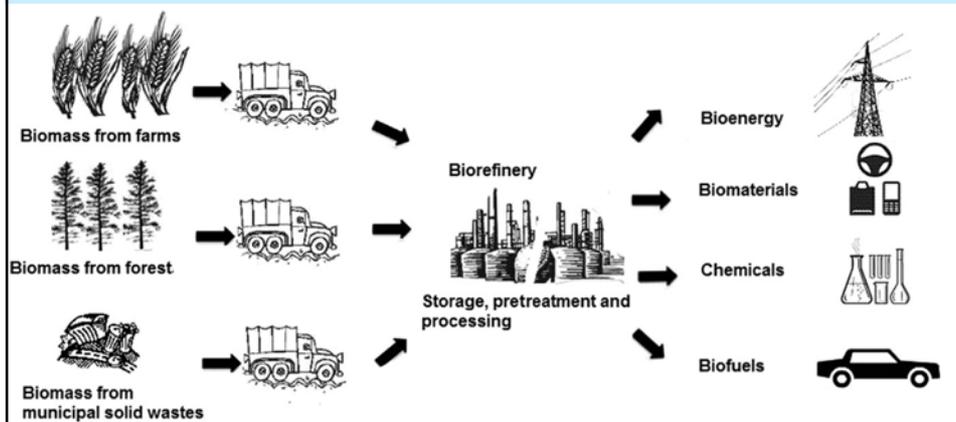


## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

- 1) Bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»
- 2) Hybridation villes / activités industrielles
- 3) Agriculture en milieu contrôlé / confiné
- 4) Montée en puissance de la bioéconomie

## Nouvelle configuration de parc industriel: «bioraffinerie»

La bioraffinerie intègre des procédés de conversion de la biomasse avec des installations pour générer des produits biosourcés à valeur ajoutée.



Kritjan et al., Renewable and sustainable energy reviews 25 (2013) 2015-20

**«Bioéconomie»:**

**Economie basée sur des ressources d'origine biologique  
(non fossiles).**

**Commission européenne:  
Stratégie pour la bioéconomie,  
mise à jour en octobre 2018**

**A sustainable  
Bioeconomy for  
Europe: strengthening  
the connection between  
economy, society  
and the environment**

*Updated Bioeconomy Strategy*

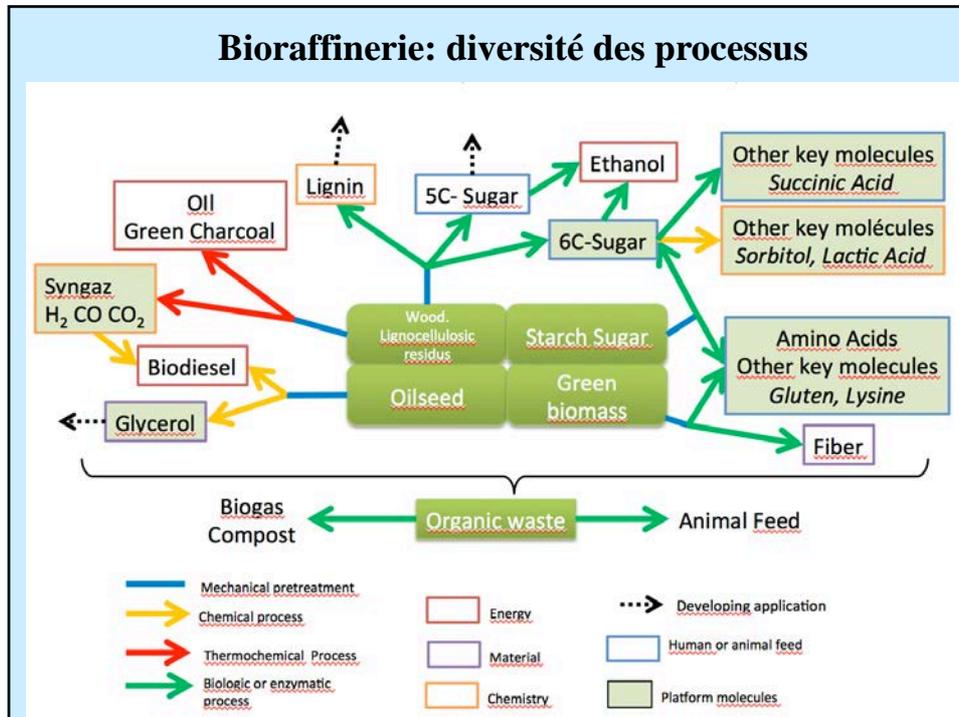
**Bioindustrial  
Innovation Canada®**  
*A Sustainable Chemistry Alliance*

**14 mai 2019**

**Stratégie de la  
bioéconomie  
du Canada**

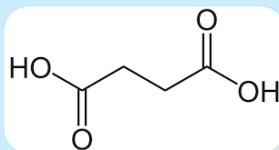
**Tirer parti de nos forces  
pour un avenir durable**

## Bioraffinerie: diversité des processus



## Au cœur de la bioéconomie: les molécules-plateforme

### Ex.: l'acide succinique



- Procédé de fabrication conventionnel dérivé du pétrole

- Forte croissance de la demande pour de l'acide succinique «biosourcée».

## Acide succinique: nombreuses applications



Source: M. Bergez Lacoste, ICAST, d'après Reverdia

## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

- 1) **Bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»**
- 2) **Hybridation villes / activités industrielles**
- 3) **Agriculture en milieu contrôlé / confiné**
- 4) **Montée en puissance de la bioéconomie**
- 5) **Contraintes / opportunités climatiques**

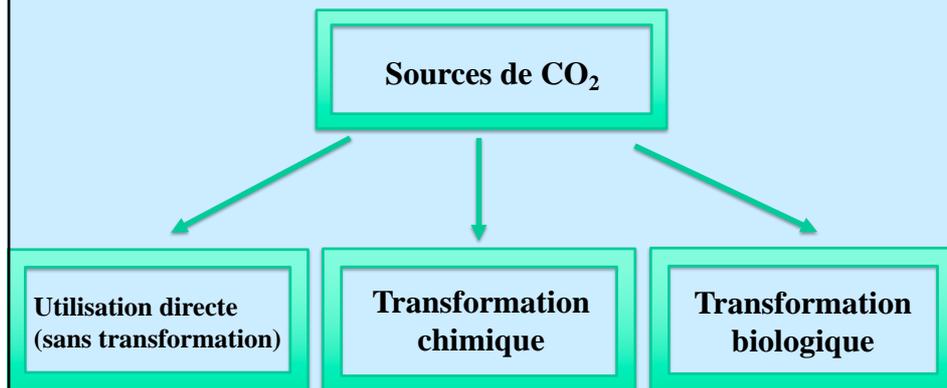
## Rapport spécial du GIEC, octobre 2018

Etablit clairement que les objectifs de l'Accord de Paris sont inatteignables sans recourir à grande échelle aux technologies «émissions négatives».

### Chapitre 4: *Strengthening and implementing the global response*



## Technologies «émissions négatives»: capture et utilisation du CO<sub>2</sub> (CCU)



**IMPORTANT:** A la différence du stockage géologique souterrain (CCS), qui reste coûteux, l'utilisation du CO<sub>2</sub> permet de générer des revenus!

## Capture atmosphérique directe (Direct Air Capture)

Start up en Colombie britannique (Canada):

Carbon Engineering: [www.carbonengineering.com](http://www.carbonengineering.com)



## Capture atmosphérique directe (Direct Air Capture)

Carbon Engineering: [www.carbonengineering.com](http://www.carbonengineering.com)

Annonce du 21 mai 2019:

Nouvelle installation qui va capter 500'000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an

**21 May Oxy Low Carbon Ventures and Carbon Engineering begin engineering of the world's largest Direct Air Capture and sequestration plant**



## Capture atmosphérique directe (Direct Air Capture)

Start up en Suisse (Zurich):

Climateworks: <http://www.climeworks.com>



## Hinwil (ZH): «aspirateur à CO<sub>2</sub>» de Climeworks

Installé sur le toit de l'incinérateur KEZO, canton de Zurich

(KEZO = Zweckverband Kehrichtverwertung Zürcher Oberland)

NB: L'installation tire parti de la chaleur perdue émise par l'incinérateur pour «subventionner» le coût énergétique de son procédé d'extraction du CO<sub>2</sub> de l'air.



## Le CO<sub>2</sub> extrait de l'air est vendu à des serres voisines.

Le CO<sub>2</sub> agit comme un fertilisant, il stimule la croissance des végétaux.  
Aujourd'hui, on brûle du gaz naturel (fossile) pour enrichir l'atmosphère des serres en CO<sub>2</sub>.



NB: Début 2019, Climeworks a annoncé un partenariat avec Coca-Cola Suisse pour lui livrer du CO<sub>2</sub> destiné aux boissons gazeuses.

## Le dioxyde de carbone, un déchet à «séquestrer» ?



- Env. 15 EUR pour 500 g de CO<sub>2</sub>
- Soit ~ 30'000 EUR/tonne

(Rappel: Le coût de captage du CO<sub>2</sub> produit par fermentation éthanolique est d'environ 10 EUR/tonne)

Recharge de CO<sub>2</sub>  
Alco2Jet 60

Image: <http://www.sodastream.ch/>

## **Stockage et utilisation du CO<sub>2</sub>**

### **Facteur crucial: l'énergie**

**1) Il faut dépenser de l'énergie pour extraire (voire purifier) le CO<sub>2</sub> de sources concentrées ou de l'air.**

**Solution possible: tirer parti de l'énergie perdue disponible, p. ex. de la chaleur fatale émise par des installations industrielles (incinérateurs, aciéries, raffineries, etc.)**

**2) Il faut de l'énergie pour transformer la molécule de CO<sub>2</sub> en d'autres composés.**

**D'où l'importance de la recherche sur les catalyseurs, qui permettent d'abaisser l'énergie nécessaire à ces réactions.**

**NB: Certaines réactions de transformation du CO<sub>2</sub> consomment de l'énergie (réactions endothermiques), mais d'autres dégagent de la chaleur (réactions exothermiques).**

## **Capture et utilisation du CO<sub>2</sub> (CCU)**

### **Quantité vs valeur ajoutée**

- **La consommation mondiale de CO<sub>2</sub> par des procédés industriels est de l'ordre de 200 millions de tonnes par an, soit ~ 0.5 % des émissions globales (env. 40 milliards de tonnes);**
- **Toutefois, cette quantité pourrait augmenter de manière importante en cas de mise en œuvre à grande échelle du CCU, notamment pour produire des matériaux de construction;**
- **Surtout, même si les quantités utilisées devaient rester faibles (par rapport au volume des émissions), la valeur ajoutée du CCU permet de contribuer à financer des mesures de réduction des émissions.**

## CO<sub>2</sub> pour la synthèse de polymères

**Production de différents polymères:  
polycarbonates, polyuréthanes, etc.**

Leverkusen,  
October 11, 2018

Covestro AG  
Communications  
51365 Leverkusen

Contact  
Dr. Frank Rothbarth  
Telephone  
+49 214 6009 2536  
E-mail  
frank.rothbarth  
@covestro.com

### First thermoplastic polyurethane based on CO<sub>2</sub> technology

- New polyols reduce carbon footprint
- Further TPU developments for textile application and surface design

Under the name cardyon™, Covestro is developing and marketing new polyether carbonate polyols that are produced with the aid of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). With Desmopan® 37385A the company now offers the first representative of a new series of thermoplastic polyurethanes (TPU) containing polyether carbonate polyols based on CO<sub>2</sub> technology.



## «Emissions to liquids»: kérosène à partir de gaz provenant d'une aciérie Partenaire industriel: LanzaTech (USA)

**Vol Virgin Atlantic,  
Orlando – Londres  
2 octobre 2018**



**«Emissions to liquids»:  
produits chimiques obtenus à partir de gaz d'aciérie**



**Press Release**

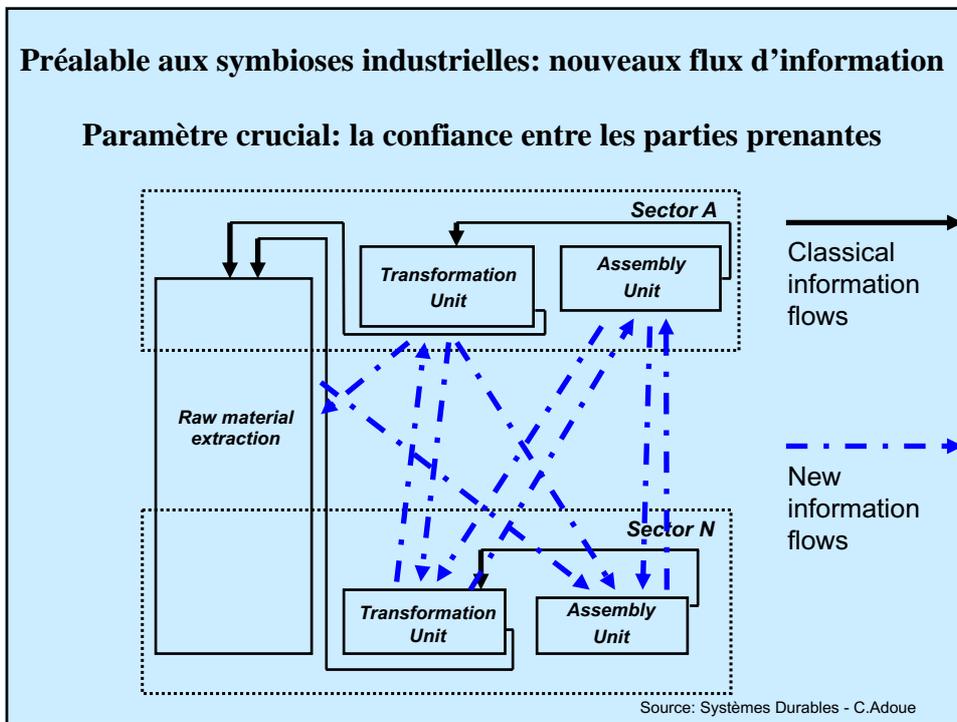
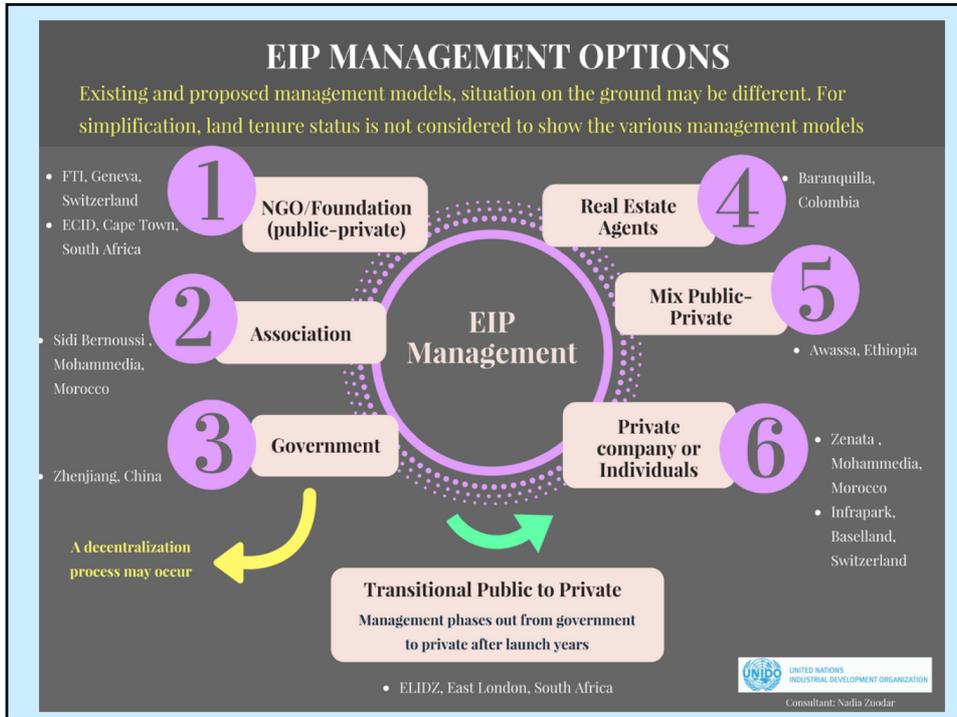
January 10, 2019

**Further step towards CO<sub>2</sub>-free steel production**

"Our Carbon2Chem concept has shown that it is possible to use steel mill gases for the production of various chemicals and thus achieve a circular carbon economy," explained Reinhold Achatz, head of technology at thyssenkrupp. "Our goal is the large-scale industrial use of the technology."

**Tendances pour les parcs (éco-)industriels**

- 1) Bouversements liés à l'«Industrie 4.0»**
- 2) Hybridation villes / activités industrielles**
- 3) Agriculture en milieu contrôlé / confiné**
- 4) Montée en puissance de la bioéconomie**
- 5) Contraintes / opportunités climatiques**
- 6) Gouvernance, normes, labels, certifications**



## Labellisation régionale des parcs éco-industriels

Programme «écoParcs»,  
Fondation des terrains industriels (FTI), Genève.

<https://www.fti.geneva.ch/ecoparcs/>

**Genie.ch, le Réseau de l'écologie industrielle  
dans le canton de Genève.**

**genie.ch**  
Geneva Network of Industrial Ecology

## Référentiel global pour les parcs éco-industriels



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



WORLD BANK GROUP



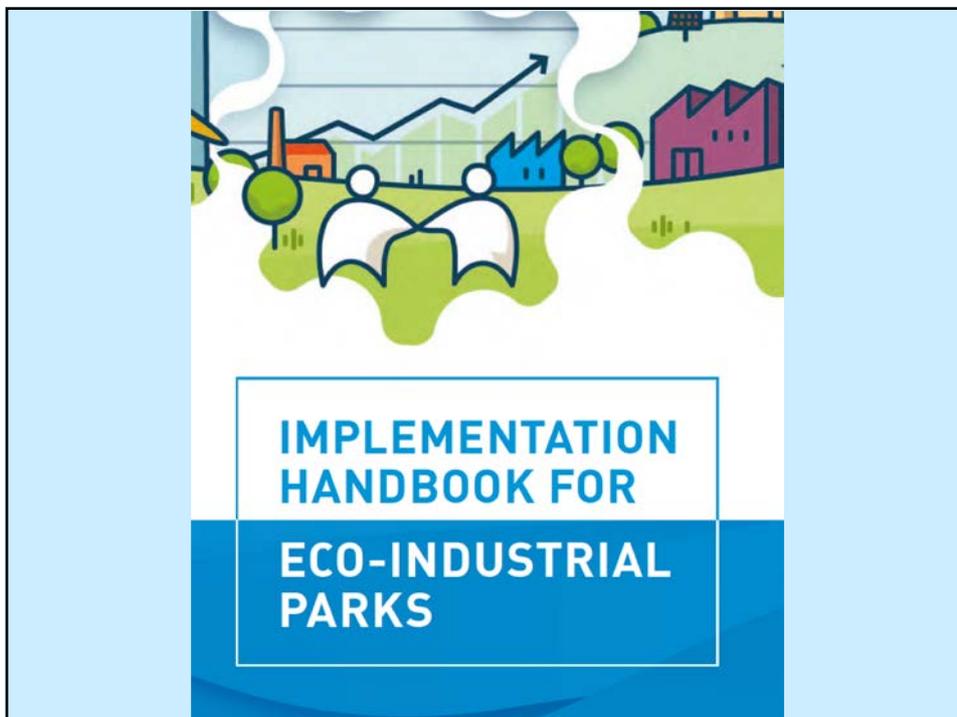
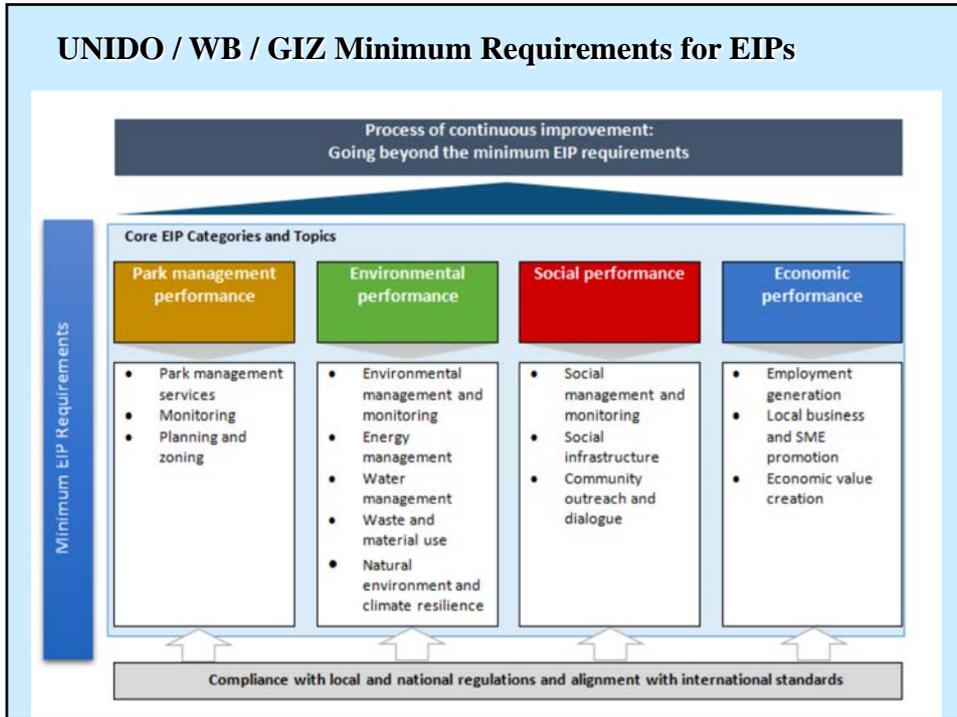
Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

## An International Framework For **Eco-Industrial Parks**

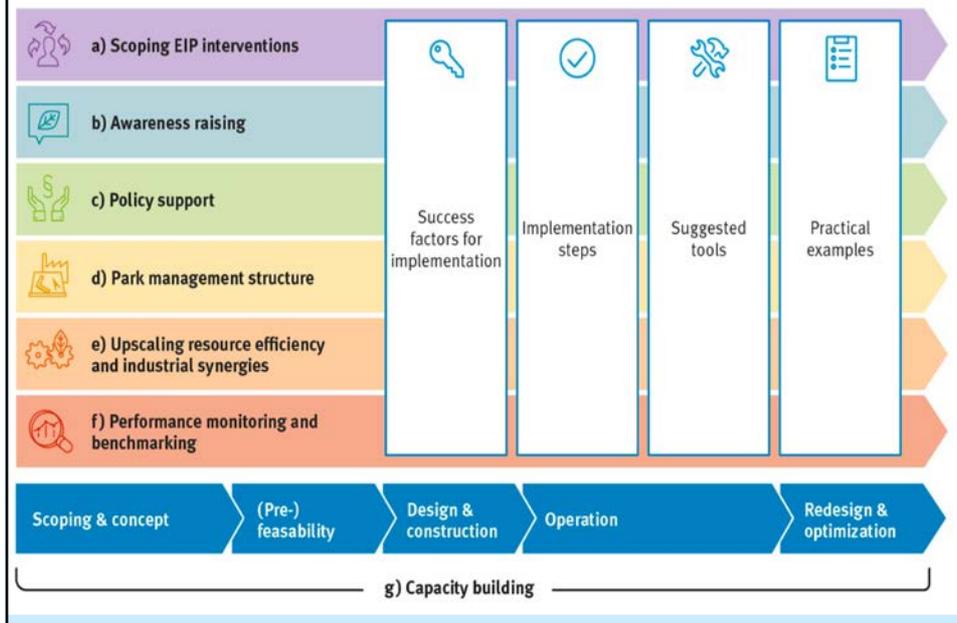
December 2017

<https://www.unido.org/news/partners-launch-new-framework-eco-industrial-parks>

## UNIDO / WB / GIZ Minimum Requirements for EIPs



## UNIDO Implementation Handbook for Eco-Industrial Parks



## Toolbox on Eco-Industrial Parks



**Aim:** Provide Provide a practical set of customised **tools to assist practitioners** with the development of eco-industrial parks, and support EIPs decision making processes in relation to existing and new industrial parks.

Source: F. Meylan, UNIDO

## Links to download publications and tools



Eco-Industrial Parks:  
Creating Shared  
Prosperity and  
Safeguarding the  
Environment  
UNIDO (2016)

[https://issuu.com/recnetidocs/eeco-industrial\\_parks\\_global](https://issuu.com/recnetidocs/eeco-industrial_parks_global)



Global Assessment of Eco-  
Industrial Parks in Developing  
and Emerging Countries  
UNIDO (2016)

[www.unido.org/sites/default/files/2017-02/2016\\_Unido\\_Global\\_Assessment\\_of\\_Eco-Industrial\\_Parks\\_in\\_Developing\\_Countries-Global\\_RECIP\\_programme\\_0.pdf](http://www.unido.org/sites/default/files/2017-02/2016_Unido_Global_Assessment_of_Eco-Industrial_Parks_in_Developing_Countries-Global_RECIP_programme_0.pdf)



An International  
Framework for Eco-  
Industrial Parks  
UNIDO, World Bank Group,  
GIZ (2017)

<http://documents.worldbank.org/curated/en/426921513810815467/An-international-framework-for-eco-industrial-parks>



Implementation Handbook  
for Eco-Industrial Parks  
UNIDO (2017)

[https://open.unido.org/api/documents/7523639/download/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook\\_English.pdf](https://open.unido.org/api/documents/7523639/download/UNIDO%20Eco-Industrial%20Park%20Handbook_English.pdf)



<http://www.recnet.org/kms-documents/>

Source: F. Meylan, UNIDO

## Tendances pour les parcs (éco-)industriels

- 1) Bouleversements liés à l'«Industrie 4.0»
- 2) Hybridation villes / activités industrielles
- 3) Agriculture en milieu contrôlé / confiné
- 4) Montée en puissance de la bioéconomie
- 5) Contraintes / opportunités climatiques
- 6) Gouvernance, normes, labels, certifications
- 7) Acceptabilité sociale (ex.: grèves du climat, etc.)

*La dynamique globale des parcs (éco-)industriels*

**«Take home message»**

- **Processus intensif d'industrialisation planétaire;**
- **Parcs industriels: forme structurante d'industrialisation;**
- **Emergence de nouveaux «écosystèmes» de valeur;**
- **Incorporation de la durabilité dans l'industrialisation;**
- **Montée en puissance des parcs éco-industriels;**
- **Nouvelles opportunités, p. ex. valorisation du CO<sub>2</sub>.**

**Pour en savoir plus:**

**Livre:**

**S. Erkman: *Vers une écologie industrielle***

**Paris, ECLM, 2004.**

**Disponible gratuitement sur: [www.eclm.fr](http://www.eclm.fr)**

**(Aller dans «Catalogue» puis «Recherche»)**

**Mise en œuvre de l'écologie industrielle à Genève:  
synthèse parue en 2015**

# **Les nouvelles ressources de Genève**

**15 ans de travaux en écologie industrielle :  
résultats et perspectives**

<https://www.ge.ch/document/nouvelles-ressources-geneve>

**CO<sub>2</sub> utilization in the perspective of industrial ecology, an overview**

Frédéric D. Meylan\*, Vincent Moreau, Suren Erkman

*Institute of Earth Surface Dynamics, University of Lausanne, Switzerland*

## **A B S T R A C T**

Carbon dioxide emissions from anthropic activities have accumulated in the atmosphere in excess of 800 Gigatons since preindustrial times, and are continuously increasing. Among other strategies, CO<sub>2</sub> capture and storage is one option to mitigate the emissions from large point sources. In addition, carbon dioxide extraction from ambient air is assessed to reduce the atmospheric concentration of CO<sub>2</sub>. Both direct and indirect (through photosynthesis) pathways are possible.

Geological sequestration has significant disadvantages (high cost, low public acceptance, long term uncertainty) whereas carbon dioxide recycling (or utilization) is more consistent with the basic principle of industrial ecology, almost closing material cycles.

In this article, a series of technologies for CO<sub>2</sub> capture and valorization is described as integrated and optimized pathways. This integration increases the environmental and economic benefits of each technology. Depending on the source of carbon dioxide, appropriate capture and valorization processes are evaluated based on material and energy constraints.

©2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

*Journal of CO<sub>2</sub> Utilization, Vol. 12, 2015, pp. 101-108*

**F. Vuille, D. Favrat, S. Erkman:**  
*Comprendre la transition énergétique*

**www.energyscope.ch**



*Merci pour votre attention !*

**Prof. Suren ERKMAN**

**suren.erkman@epfl.ch**

**suren.erkman@unil.ch**

**suren.erkman@sofiesgroup.com**

**AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES ÉCONOMIQUES**  
**Impacts stratégiques de développement**  
**Québec, 11 et 12 juin 2019**