

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**PANORAMA DES OUTILS DE GESTION DES FLUX MATIERES
ENERGIE DANS LE CADRE DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE**
OUTILS LOGICIELS UTILISABLES DANS LES DEMARCHES
D'ECOLOGIE INDUSTRIELLE ET TERRITORIALE

***MATERIAL AND ENERGY FLOW MANAGEMENT TOOLS
OVERVIEW FOR CIRCULAR ECONOMY
SOFTWARE FOR INDUSTRIAL SYMBIOSIS***

juin 2019

A. BREDIMAS, S. OGÉ, C.-X. SOCKEEL, J.-B. QUINTANA,
E. CAMUZEUX - Strane Innovation



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :
RECORD, Panorama des outils de gestions des flux de matières énergies dans le cadre de l'économie circulaire, 2019, 387 p, n°17-0162/1A
- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
www.ademe.fr

© RECORD, 2019

RESUME

Ce rapport constitue le livrable final du projet qui vise à cartographier les outils applicables en France pour la mise en œuvre de démarches liées à l'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT). En Phase 1 de Novembre 2017 à Avril 2018, une grille d'évaluation des outils a été proposée et un échantillon de 50 outils a été analysé, comprenant 30 outils directement liés à l'EIT et 20 outils non spécifiques à l'EIT pour ouvrir les champs de fonctionnalités. Une analyse multicritère a permis de profiler les besoins des membres du comité de suivi et a amené à sélectionner 12 outils. Dans la Phase 2, la représentativité internationale des résultats de la Phase 1 a été validée et les 12 outils sélectionnés ont été analysés en détail, comprenant des entretiens avec les développeurs, utilisateurs et bénéficiaires. Au travers de l'analyse de ces logiciels transparait une compréhension plus globale des enjeux de l'EIT et de l'industrie durable. Le rapport se termine par une liste de recommandations pour RECORD, ses membres et les développeurs d'outils.

MOTS CLES

Ecologie Industrielle et Territoriale, outils logiciels, panorama

SUMMARY

This report is the final deliverable of the project. The project looks to map all software tools which may be used in France to initiate new synergies in relation to the concept of Industrial Symbiosis (IS). In Phase 1, from November 2017 to April 2018, an assessment table has been defined and a representative sample of 50 tools has been screened. The sample included 30 tools directly related to IS and 20 tools non-specific to IS to open the range of functionalities. A multicriteria analysis enabled to profile the needs from the Steering Committee of RECORD and led to shortlist 12 tools. In Phase 2, the international representativeness has confirmed the findings from Phase 1. The 12 shortlisted tools have been analysed in details, including interviews with the tool developers, users, and beneficiaries. From this analysis, a more global understanding can be extrapolated as regards the challenges of industrial symbiosis and more generally of the sustainable industry. The report proposes at its end a list of recommendations to RECORD, its members and the tool developers.

KEY WORDS

Industrial symbiosis, software tools, mapping

Introduction

L'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) vise à optimiser l'usage des ressources mobilisées par les acteurs industriels, institutionnels ou citoyens à l'échelle d'un territoire par des échanges d'énergie, de déchets et de co-produits et par la mutualisation d'actifs ou de services. L'EIT peut pérenniser le tissu industriel, améliorer son impact social et environnemental, réduire la dépendance aux importations de ressources, l'extraction de matières premières et créer une activité économique locale durable par la mise en œuvre de synergies.

Le réseau RECORD a souhaité faire l'état des lieux international des outils logiciels facilitant la création d'initiative d'EIT, notamment applicables en France. Les objectifs principaux étaient (1) de mieux connaître les outils disponibles aux utilisateurs pour saisir les opportunités de l'EIT, (2) d'identifier les tendances de R&D et (3) définir les éventuels besoins et manques des outils actuels.

Le projet s'est déroulé de Novembre 2017 à Janvier 2019 en 2 phases :

- Phase 1 : Panorama complet de 50 outils liés directement ou non à l'EIT ;
- Phase 2 : Analyse approfondie d'une sélection de 12 outils, avec enquêtes.

Les auteurs ont défini un processus de mise en œuvre de synergies qui a servi à catégoriser les outils logiciels : (1) Information des acteurs sur l'EIT ; (2) Identification des opportunités sur site ; (3) Correspondance de ressources (*Matchmaking*) ; (4) Etude de faisabilité détaillée ; (5) Construction et mise en œuvre ; (6) Exploitation. Une attention particulière a été portée sur les outils facilitant les étapes 2, 3 et 6.



Figure 1 : Etapes de mise en place d'une synergie (RECORD, 2019)



Figure 1 : Implementation of synergies steps (RECORD, 2019)

Introduction

Industrial Symbiosis (IS) aims to optimise the use of resources between industrial companies and communities by exchanging energy, wastes, by-products or by mutualising assets and services. IS can increase the competitiveness of industries, increase their social and environmental impacts, reduce the dependency on resource imports and raw materials, and create a new local, sustainable economic activity related to the implementation of synergies.

The RECORD network wished to know the global state of the art of software tools that could facilitate the deployment of industrial symbiosis in France. The main goals were (1) to better know the tools available to implement Industrial Symbiosis (IS), (2) to identify R&D trends and (3) to define potential current tools needs and lacks.

The project has been carried out from November 2017 to January 2019 in 2 phases:

- *Phase 1: Global overview of 50 tools directly related to IS or not;*
- *Phase 2: Detailed analysis of a short-list of 12 tools*

A process for implementing an industrial synergy has been defined to classify software tools: (1) Stakeholders learning about IS; (2) Opportunities identification on site; (3) Matchmaking; (4) Detailed synergies assessment; (5) Synergies implementation; (6) Synergies operation. Tools addressing steps 2, 3 and 6 were especially reviewed.

Etat de l'art

Une revue de la littérature scientifique, complétée par des échanges avec des experts internationaux en EIT, a permis d'identifier quelques études pertinentes. Elles n'évaluent généralement qu'un nombre restreint de logiciels et datent de plusieurs années, alors que de nombreux outils sont apparus récemment.

L'étude la plus notable date de 2010 et évalue les opportunités des Technologies de l'Information et de la Communication pour les démarches d'EIT (Grant *et al.*, 2010). Elle couvre un échantillon de 17 outils développés entre 1997 et 2009, dont 16 ont été abandonnés. L'article identifie 4 types d'utilisateurs : les planificateurs, facilitateurs, facilitateurs de réseaux, acteurs de terrains et propose quelques pistes d'amélioration. Une thèse complète ce travail de recensement (Massard, 2011). Sans être exhaustive, elle retrace l'historique d'une douzaine d'outils spécifiques à l'EIT depuis les années 1990. Quelques outils annexes (e.g. ACV, SIG) sont inclus.

Les autres études incluent Chertow (2000) qui définit 3 typologies d'outils : *Input-Output Matching*, *Stakeholder Processes*, *Material Budgeting* sur un nombre limité d'outils ; Fyfe *et al.* (2009, 2010) qui proposent une classification des outils : passif, actif, pro-actif, courtage ; Adoue (2007) qui a réalisé un état des lieux des outils existants, de leurs forces et faiblesses, suivi notamment par Georgeault (2015) avec l'outil ACTIF, et Raabe *et al.* (2017) pour *By-product Exchange Network* (BEN) ; Harpet and Gully (2013) qui proposent une catégorisation par approche empirique, déductive, ou systématique ; et enfin Benedetti *et al.* (2017b) sur l'état des lieux des référentiels de connaissances favorisant l'EIT, sans s'attacher à répertorier les outils logiciels.

Les autres sources d'information ayant alimenté cette étude sont un benchmark réalisé en 2015 par la CTTEI au Québec ; des sites recensant des informations variées sur les démarches d'EIT (ISDATA, MarketPlaceHub, Fondation Ellen McArthur, la base de données internationale open-source de l'économie circulaire) ; une revue de littérature scientifique des méthodes et quelques outils facilitant la symbiose industrielle par A-Star à Singapour ; un recensement de méthodes d'économie circulaire, au sens large, par l'EDDEC au Québec. La consultation des experts internationaux a confirmé la représentativité des résultats de cette étude.

Panorama global

Tropisme local et leadership européen sur l'EIT

L'étude a mis en évidence un tropisme européen, et en particulier français, avec une multitude d'outils dédiés à l'EIT, commercialisés ou en cours de développement. L'Amérique Latine voit le concept émerger lentement et n'a qu'un outil. Le développement de l'EIT en Asie – Chine, Corée du Sud, Japon – relève de la planification institutionnelle et des méthodes, plus que de l'usage d'outils logiciels. Quelques outils ont été développés en Australie et en Nouvelle-Zélande mais n'ont pas rencontré leur marché. Les Etats-Unis ont développé quelques outils dans les années 1990-2000. Le changement d'administration Clinton à Bush a mis un coup d'arrêt aux subventions accordées et à leur développement. Quelques outils subsistent, avec un regain d'intérêt au Québec. L'Europe apparaît clairement comme un terrain fertile au niveau mondial pour le développement de l'EIT et de l'économie circulaire.

Dans le panorama global, 20% d'outils venaient de pays anglosaxons, notamment Etats-Unis et Canada, pour la plupart abandonnés, contre 80% de l'Europe, dont 43% de France et

State of the art

The scientific literature was reviewed and complemented by discussions with IS experts in the world. Existing studies are dating from several years and typically assessed only a limited number of tools. Most of tools recently appeared did not exist at this time.

*The most significant study dates from 2010 and assesses information and communication technology opportunities for IS approaches (Grant *et al.*, 2010). It covered a sample of 17 tools developed between 1997 and 2009, of which 16 have been abandoned. The paper identifies 4 user profiles: planners, facilitators, network facilitators, territory actors. It suggests some ideas for improvement. A PhD thesis (Massard, 2011) complemented this list with a non-exhaustive description of a dozen of IS tools since the 1990s. Other tools (e.g. LCA, GIS) are also included.*

*Other studies include: Chertow (2000) defines 3 types of tools (Input-Output Matching, Stakeholder Processes, Material Budgeting) with a limited number of tools; Fyfe *et al.* (2009, 2010) proposes a tool classification: passive, active, proactive, trading; Adoue (2007) makes a state of the art of existing tools with their strengths and their weaknesses; Georgeault (2015) makes the same with the ACTIF tool, and Raabe *et al.* (2017) for By-product Exchange Network (BEN); Harpet and Gully (2013) proposes a classification by approach (empiric, deductive and systematic); and finally Benedetti *et al.* (2017b) makes a state of the art of knowledge repository fostering IS approach, without being committed to list tools.*

Other information sources for this study are: a benchmark done in 2015 by CTTEI in Quebec; websites listing extensive information about IS initiatives (ISDATA, MarketPlaceHub, Ellen McArthur Foundation, circular economy international open database); a scientific literature review by A-Star at Singapour about methods and some tools that facilitate IS process; a review of general circular economy methods by the EDDEC in Quebec. The international experts' consultation has confirmed the representativeness of this study.

Global overview

Importance of the local dimension and European leadership on IS

The study highlights a European leadership, especially in France, on IS. Europe hosts the large majority of tools dedicated to IS being currently commercialised or in development. The concept slowly raises up in Latin America with only one tool. IS development in Asia – China, South Korea, Japan – is highly related to institutional planning and methods, rather than the use of specific software tools. Some tools have been developed in Australia and in New Zealand, but they did not find any market. The United States has developed tools during the 1990s, but the Bush administration stopped the programme of subsidies on IS. Some tools remain, especially in Quebec where the interest has been renewed. Europe clearly appears as the most active ground for IS development and circular economy globally.

20% of tools come from anglosaxon countries (mostly abandoned), mainly from the United States and Canada, whereas 80% of tools come from Europe. In particular, 43% of tools come from France and 25% from European projects.

25% de projets collaboratifs européens, illustrant l'intérêt de la Commission Européenne et des institutions françaises pour ce sujet.

Par ailleurs, les outils EIT se caractérisent par un ancrage local prononcé : 90% des outils ne sont disponibles que dans une seule langue et 80% des outils sont applicables seulement localement. Les problématiques d'ontologie autour des synergies, en particulier linguistique, apparaissent comme un frein à leur internationalisation, de même que la connaissance des contextes locaux (par ex. réglementaires).

Analyse de 50 outils

L'échantillon se compose de 30 outils dédiés à l'EIT, dont la représentativité a été assurée au niveau international, et d'une sélection variée de 20 outils non spécifiquement dédiés à l'EIT, mais pouvant néanmoins faciliter ces démarches.

- Outils spécifiques à l'EIT : ACTIF, BE CIRCLE, BizBizShare, CERES, EasyBulkPlace, Community Energy Explorer, economiecirculaire.org, ELIPSE, EPOS Toolbox, eSymbiosis, Excedentterre.fr, FaST, France Barter, Industrial Ecology Planning Tool, iNex Circular, ISDATA, Munirent, PHOENIX, Pro spare, RECYTER, Sharebox, Soldating, SymbioGIS, SymbioSys, SYNERGie, United States Materials Marketplace, Upcyclea, Warp it, Co-Recyclage, Presteo;
- Outils non-spécifiques à l'EIT (dans les rectangles rouges) : Aménagement 3D, ArcGIS, CARMEN, Eclipse Sirius, e-sankey, E-PRTR, Finéo, ForCity, GABI, Google fusion table, NOVA, NOVA Light, Open LCA, PrediWaste, ProSimPlus, SILOG GPAO, SimaPro, Superpro Designer, SysML Architect, Umberto.

This illustrates the interest from European Commission and French institutions for this subject.

Besides, IS tools appear deeply rooted in their geographic origin. 90% of tools are available only in one language and 80% can handle only local synergies. The limitation of ontologies of synergies, especially linguistically, and the need to know the local specificities (e.g. regulations) is a key barrier to their internationalisation.

Analysis of 50 tools

The sample is composed of 30 tools dedicated to IS, whose representativeness has been validated at the international level, and a selection of 20 diverse tools which could support the implementation of synergies but were not designed for this objective.

- Tools dedicated to IS: ACTIF, BE CIRCLE, BizBizShare, CERES, EasyBulkPlace, Community Energy Explorer, economiecirculaire.org, ELIPSE, EPOS toolbox, eSymbiosis, Excedentterre.fr, FaST, France Barter, Industrial Ecology Planning Tool, iNex Circular, ISDATA, Munirent, PHOENIX, Pro spare, RECYTER, Sharebox, Soldating, SymbioGIS, SymbioSys, SYNERGie, United States Materials Marketplace, UpCycléa, Warp it, Co-Recyclage, Presteo;
- Generic tools (in red boxes) : Aménagement 3D, ArcGIS, CARMEN, Eclipse Sirius, e-sankey, E-PRTR, Finéo, For City, GABI, Google fusion table, NOVA, NOVA Light, Open LCA, PrediWaste, ProSimPlus, SILOG GPAO, SimaPro, Superpro Designer, SysML Architect, Umberto.

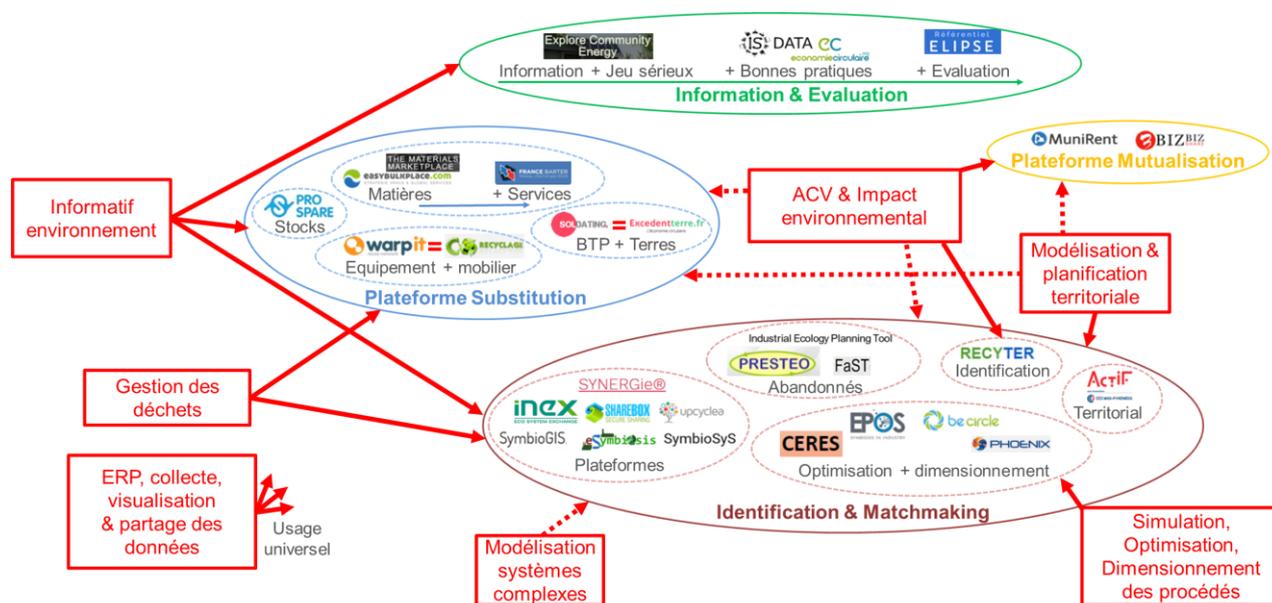


Figure 2 : Panorama des outils EIT et non-dédiés à l'EIT analysés (RECORD, 2019)

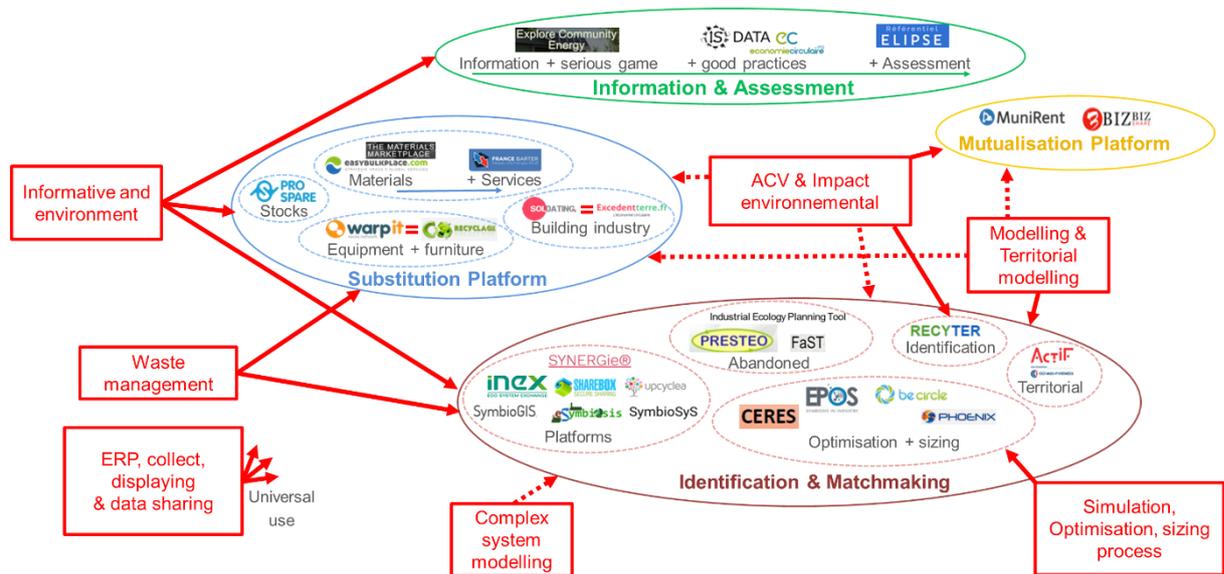


Figure 2 : Overview of the software tools (RECORD, 2019)

Outils dédiés à l'EIT

Comme vu en figure 2, quatre grandes familles ont été identifiées :

- les plateformes de mutualisation d'équipements (ex. BizBizShare) ;
- les plateformes de substitution (matières, services, sectorielles, stocks ou mobilier) ;
- les outils logiciels pour l'identification et le « matchmaking » (par plateformes collaboratives, approche territoriale ou optimisation de procédés) ;
- les portails d'information et d'évaluation.

Les résultats saillants sont les suivants :

- 90% des outils EIT prennent la forme de plateformes collaboratives ;
- 54% des plateformes ont une approche empirique simple, sans mise en correspondance des flux ni traitement des données ;
- 46% des plateformes ont une approche déductive ou systématique, généralement en lien avec un traitement plus riche des données ;
- 86% des outils se concentrent sur 3-4 ressources (principalement eau, énergie, matières). 4 outils se veulent totalement génériques ;
- 83% des outils traitent la phase de correspondance, et 50% d'entre eux la traitent exclusivement. Peu d'outils couvrent la phase d'exploitation ;
- 97% des outils EIT ciblent comme bénéficiaires les industriels et 53% les collectivités ;
- L'usage est en revanche principalement indirect, avec 53% d'usage par des consultants et 23% des scientifiques, dénotant une certaine complexité dans la mise en œuvre ;
- 50% des outils EIT, souvent d'origine académiques, sont gratuits. Cela questionne leur maturité commerciale et leur pérennité économique ;
- L'écrasante majorité des outils EIT reposent sur des données privées d'utilisateurs ou de bases de données techniques internes. Seul un tiers enrichit ces données privées par des données publiques.

Tous les outils en développement adoptent des approches plus évoluées pour la recherche de synergies. Une nouvelle vague d'outils devrait donc émerger et dynamiser la création de démarches EIT.

Tools dedicated to IS

As depicted in figure 2, four groups of tools can be identified:

- Platforms to mutualise equipment (ex: BizBizShare);
- Platforms to substitute resources (materials, services, sectorial, stocks or furniture);
- Tools to identify synergies (with collaborative platforms, territory approach or process optimisation);
- Information and assessment portals.

The main highlights on IS tools are:

- 90% of IS tools are collaborative platforms;
- 54% of platforms adopt an empirical approach, without matching flows nor data processing;
- 46% of platforms adopt a deductive or systematic approach, generally with an enhanced data processing;
- 86% of tools focus on 3-4 resources (mainly water, energy and materials). 4 tools say to entirely be generic;
- 83% of tools address the phase of matchmaking, and even 50% exclusively address this phase. Few tools address the exploitation phase.
- 97% of tools target industrial companies as beneficiaries, and 53% local authorities;
- The use is mainly indirect, with 53% to be used by consultants and 23% by scientists, which highlights the complexity in using such tools;
- 50% of IS tools, mostly from academics, are free. This questions the business maturity and long-term continuity of these tools;
- The overwhelming majority of IS tools is based on user data or internal technical databases. Only one third use public data.

All tools in development take more advanced approaches for identifying synergies. New tools will therefore emerge and likely boost the creation of IS initiatives.

Generic tools not dedicated to IS

Generic tools non-specific to IS can usefully complement IS tools. A variety of tools was selected for the sample. 90% of these tools address the feasibility study phase, which is critical to make the investment decision for the implementation of synergies. 50% can support the identification of synergies.

- Life cycle assessment tools (e.g. Gabi or Simapro) or territory modelling and planning tools (e.g. ForCity or

Outils non dédiés à l'EIT

Les outils non spécifiques à l'EIT, dont un échantillon varié a été sélectionné pour cette étude, peuvent compléter les outils EIT. 90% des outils non-dédiés à l'EIT sélectionnés cibleraient la phase d'étude faisabilité, elle aussi critique puisqu'elle déclenche la décision d'investir dans la mise en œuvre de la synergie. 50% peuvent soutenir l'identification de synergies.

- Les outils d'analyse de cycle de vie comme Gabi ou Simapro ou de modélisation et planification territoriale tels que ForCity ou ArcGis peuvent utilement compléter les outils EIT et notamment l'analyse des impacts environnementaux des synergies identifiées ;
- Les portails d'information publics comme Carmen ou EPRTR peuvent approvisionner les logiciels EIT avec des données, en particulier cartographiques ;
- Les outils de gestion de déchets comme Nova peuvent prendre en charge la phase d'exploitation ;
- Les outils d'optimisation de procédés comme ProSim peuvent apporter des capacités de modélisation avancées en relai des calculs de dimensionnement rapides proposés par certains outils EIT ;
- Les outils de collecte, de partage et de visualisation, et les logiciels de gestion peuvent permettre d'interfacer les sites industriels entre eux dans la phase d'exploitation opérationnelle de la synergie.

La plupart des outils non spécifiques à l'EIT analysés sont génériques tant sur les étapes de mise en œuvre, que sur les ressources ciblées et les échelles d'applications. Des analyses plus approfondies sont nécessaires pour clarifier leurs valeurs ajoutées respectives et leurs usages au cas par cas.

Sur la base d'une analyse multicritère, un échantillon a été proposé pour une analyse approfondie lors de la phase 2 du projet. L'échantillon porte sur les logiciels de mise en œuvre plus complexe, dont un tiers est en développement. Une couverture de toutes les phases de mise en œuvre est proposée, avec un focus sur les logiciels EIT. Les sites d'information et les plateformes, en particulier d'approche empirique, n'ont pas été sélectionnées dans cette phase. Pour le reste (étapes, ressources, échelle d'application), l'échantillon est représentatif des 30 outils EIT analysés au cours de la phase 1.

Analyse plus poussée d'une sélection d'outils

Description des outils sélectionnés

Outils EIT

ACTIF est utilisé par des acteurs publics (CCI ou collectivités). Par sa nomenclature et un système de mutualisation des données réelles, il aide ces facilitateurs à la coordination et à la mise en place de synergies sur leur territoire. Dans sa version actuelle, l'outil permet de cartographier les entreprises, de détailler leurs informations administratives et de fournir des informations sur leurs flux entrants et sortants (matières, services, équipements et infrastructures, personnes). Des moteurs de recherche simplifiés permettent de cartographier des ressources du territoire ou des synergies qui auraient été déjà mise en œuvre.

BE CIRCLE est issu d'un projet collaboratif auquel participe Engie. Cet outil devrait être opérationnel début 2019. Il permet de modéliser les infrastructures requises pour des synergies au niveau d'un territoire ou d'un parc industriel selon l'environnement réel. Il permet également de simuler des scénarios d'optimisation industrielle et d'évaluer leur performance économique et environnementale. Ces études de

ArcGis) can usefully complement IS tools, mainly in the environmental impact analysis of synergies identified;

- *Public information portals (e.g. Carmen or EPRTR) can provide data to IS softwares, especially cartographic data;*
- *Waste management tools (e.g. Nova) can be useful in the exploitation phase to manage resources exchanged;*
- *Process optimisation tools (e.g. Prosim) provide advanced modelling to support the dimensioning calculations initiated by some IS tools;*
- *Tools to visualise, share and collect data, and Enterprise Resource Planning software tools can support the collaborative activities at the interface of the industrial facilities at the exploitation phase of the synergy.*

Most of non-IS tools are generic as regards the addressed phases, the resources and application scales. Their adding value and their applications must be assessed in detail on a case-by-case basis.

A multi-criteria analysis led to select a sample of tools for an in-depth analysis during phase 2 of the project. The sample includes more complex implementation software tools, of which one third is in development and a focus on IS tools. All phases for setting up a synergy were spanned. Information websites and platforms, especially with an empirical approach, were left aside. The sample is also representative of the 30 IS tools analysed during phase 1.

In-depth analysis of a selection of tools

Description of the selected tools

IS tool

ACTIF is used by public actors (chambers of commerce and industry or local authorities). Thanks to its naming convention and a system to mutualise real data, this tool supports facilitators in coordinating themselves and in implementing synergies on their territory. In its current version, the tool enables to map companies, to detail their administrative information and provide information about their input and output flows (materials, services, equipment and facilities, human resources). Simplified search engines enable to map resources and already implemented synergies on territories.

BE CIRCLE is the outcome of a European collaborative project, in which participates ENGIE. This tool should be operational early 2019. It enables to model the infrastructures required for synergies at the level of territories and industrial parks according to their real environment. Furthermore, it simulates industrial optimisation scenarios and assesses their economic and environmental performance. These pre-feasibility studies are useful to raise the interest of decision-makers. The tool can work without extra data input thanks to its internal database.

EPOS Toolbox is a software in development to simulate and optimise industrial systems (intrasite and intersite) regarding resources, materials and energy management. This tool models in details industrial processes. EPOS Toolbox uses generic facility profiles for individual industrial sector, which can be refined with real data. The tool solves technical and non-technical optimisation using the expertise of the 12 project partners. The target users are industrial companies, but its interface could be used by intermediaries.

pré faisabilité sont utiles pour susciter l'intérêt des décisionnaires. L'outil peut fonctionner sans entrée de données supplémentaires grâce à des bases de données intégrées.

EPOS Toolbox est un logiciel en développement de simulation et d'optimisation de systèmes industriels, intrasite et inter-sites, pour la gestion des ressources, matières et énergie. C'est un outil modélisant précisément des procédés industriels. Il utilise des profils génériques par secteurs industriels, renforcés par l'import de données réelles. L'outil génère des solutions d'optimisations techniques et non-techniques, fondées sur l'expertise de 12 partenaires du projet européen. Les utilisateurs ciblés sont des industriels mais son interface permettrait à des intermédiaires de l'utiliser.

INex Circular est un logiciel support pour un service avec pour principal utilisateur l'équipe d'iNex. L'outil peut aussi assister des facilitateurs EIT. L'outil recense les acteurs et les ressources d'un territoire pour identifier des synergies de substitution de matières et de mutualisation de services. L'outil peut être utilisé sur l'ensemble des secteurs économiques mais son usage n'est pas prévu pour des flux complexes. Son fonctionnement repose sur de solides bases de données collectées, des connaissances sur les liens déchets-ressources et des profils sectoriels théoriques déchets-ressources affectés aux entreprises ne disposant pas de données réelles.

PHOENIX est un outil développé par EDF R&D permettant la conception optimale de réseaux de valorisation énergétique et matière entre sites industriels. Il minimise les coûts engendrés par la mise en place des échanges tout en prenant en compte les contraintes techniques, technologiques, économiques et spatiales. Il peut être appliqué à l'échelle d'un site industriel mais aussi sur un territoire.

RECYTER, aussi développé par EDF R&D, complète PHOENIX en amont de celui-ci. Il utilise une base de données générique des flux de chaque secteur d'activité afin de cibler le potentiel de mutualisation et de substitution des flux entrants et sortants du type matières ou énergie. L'outil permet l'identification de pistes de synergies à l'échelle d'un site ou d'une zone industrielle, pistes qui peuvent être ensuite étudiées en détail.

Sharebox s'appuie sur l'outil SYNERGie d'International Synergies Ltd. Sharebox est actuellement en développement dans le cadre d'un projet européen H2020. Il contient de grandes bases de données de ressources et de synergies, et sera une plateforme destinée aux industriels et facilitateurs d'initiative EIT. Il aura comme spécificité d'avoir des fonctionnalités d'apprentissage machine et adopte une architecture modulaire pour ajouter des fonctionnalités selon les besoins.

Upcyclea est une plateforme collaborative visant à regrouper tous les acteurs potentiels d'une démarche EIT. Du fait d'une expérience dans l'EIT des fondateurs de l'entreprise, l'outil propose des fonctionnalités se fondant sur une base de données de synergies, de profil des ressources avec une nomenclature réfléchie et un apprentissage machine permettant son amélioration continue. Après la mise en place des synergies, Upcyclea peut être un support pour les acteurs dans l'exploitation des synergies.

Outils non-spécifiques à l'EIT

Eclipse Sirius est un outil open source d'aide à la création de modèles graphiques personnalisés et génériques pour des sujets complexe mais répétitif (Fournisseur - Flux - Récepteur - Traitement). Il permet de traiter des systèmes dans leur ensemble, mais également les flux selon le vocabulaire et la méthode propres à un domaine métier particulier.

INex Circular supports the service offered by the iNex team. The tool can assist IS facilitators. It identifies actors and resources on a territory to identify synergies of material substitution and service mutualisation. The tool can be used on all economic sectors, but it is not intended to be used for complex flows. The software is based on comprehensive databases, knowledge about links between wastes and resources, and theoretic sectorial profiles of input and output for companies with no real data available.

PHOENIX, developed by EDF R&D, enables to optimally design the material and energetic valorisation network between industrial facilities. It reduces the cost involved in the implementation of exchanges while considering technical, technological, economic and spatial constraints. The tool can be applied at the levels of an industrial facility or a territory.

RECYTER, developed by EDF R&D as well, complements PHOENIX at the previous stage of the synergy identification. Using a generic database of flows for individual sectors, the tool identifies input and output flows mutualisation and substitution potential for materials and energies. The tool enables to identify synergies at the levels of industrial facilities and industrial parks, to be studied in detail in a later stage.

Sharebox is based on the tool SYNERGie of International Synergies Ltd. Sharebox is currently in development in a European project. The tools contain significant databases of resources and synergies, and will be a platform for industrial companies and IS facilitators. It has a machine learning feature and a modular architecture to add new features according to needs.

Upcyclea is a collaborative platform that aims to gather all stakeholders of a synergy. Based on the experience in IS of the company founders, the tool uses databases of synergies and resources profiles with a fine-tuned naming convention, and a machine-learning feature for continuous improvement. Once synergies are decided, Upcyclea can effectively support actors in the exploitation of the synergy.

Non-IS tools

Eclipse Sirius is an open source tool to support the customized and generic model graphic creation for repetitive complex subjects (supplier – flow- receiver – treatment). It enables to treat systems as a whole, as well as flows according to a terminology and the method specific to a domain.

ForCity simulates a territory on the mid- and long-term. Local authorities and companies can visualise scenarios of possible evolutions. The current modules of the tool help to solve potential problems related to the network of heat, water treatment and mobility in the urban area. ForCity company develops applications on-demand.

PREDIX is a full big data solution, composed of universal acquisition units for real-time data of sites, massive advanced calculation facilities and a big data application creation platform. Applications are mainly in the industry. PREDIX could be used in the exploitation phase for inter-sites synergies management

ProSimPlus is a simulation and optimisation software tool for industrial processes, which aims to improve their performance. It is based on thermodynamic calculations and algorithms that enable to generate complex simulations. The software has open interfaces to import

ForCity est un outil visant à simuler un territoire à moyen et long terme afin de permettre aux collectivités et aux entreprises de planifier les évolutions futures qui pourront être mises en œuvre. Les modules actuels de l'outil permettent de pallier les problèmes potentiels liés aux réseaux de chaleur, de traitement des eaux et de la mobilité en zones urbaines. L'entreprise propose l'élaboration d'applications sur-mesure.

PREDIX est une solution big data complète, composée de boîtiers d'acquisition universelle de données de terrain en temps réel, d'une infrastructure de calcul massif avancé et d'une plateforme de création d'applications big data. Les applications sont essentiellement dans le domaine industriel. PREDIX pourrait essentiellement servir en phase d'exploitation pour la gestion des synergies inter-sites.

ProSimPlus est un logiciel de simulation et d'optimisation de procédés industriels qui vise à améliorer leur performance. Il se fonde sur des calculs thermodynamiques et des algorithmes permettant de gérer des simulations complexes. Il permet l'interfaçage en entrée et en sortie de l'outil afin d'importer des calculs ou des opérations unitaires personnalisées. L'outil trouve un intérêt en EIT pour réaliser des études de faisabilité détaillées grâce aux nombreux paramètres qu'il intègre.

Analyse

Les outils EIT se répartissent en deux grandes familles.

- La première (BE CIRCLE, EPOS Toolbox, RECYTER, PHOENIX) se concentre sur les sites industriels pour modéliser les procédés, identifier des synergies automatiquement, proposer des configurations techniques et fournir des éléments préliminaires économiques et environnementaux. Les données à entrer sont principalement techniques et la phase de collecte et modélisation est chronophage et requiert un certain niveau d'expertise.
- La deuxième (ACTIF, iNex Circular, Sharebox, Upcyclea) s'ouvre à un grand nombre de ressources en vue de créer des synergies directes, et parfois indirectes dans le cas d'Upcyclea. Les outils adoptent différentes formes de plateformes utilisées par des intermédiaires experts ou par les bénéficiaires directs. Les rendus sont limités à des mises en relation passives ou assistées. Les données à entrer sont plus simples que pour le groupe précédent, mais peuvent être assistées par l'outil, et surtout par l'organisation d'ateliers. Upcyclea offre une solution simple de suivi opérationnel collaboratif de synergies entre plusieurs utilisateurs.

Les deux familles se recoupent marginalement. Les synergies d'industries de procédés exigent un niveau élevé d'expertise technique pour éviter les faux-positifs, étudier les ressources et les configurations techniques requises à leur mise en œuvre. Seule une approche de modélisation technique telle qu'adoptée par la première famille semble pouvoir y répondre de manière pertinente. Les plateformes génériques traitent généralement toutes les autres ressources, nécessitant des mises en œuvre techniques simples. Certains outils en développement comme Sharebox ont un positionnement intermédiaire qui peut être à double tranchant, selon le positionnement qui sera adopté finalement (ressources génériques ou spécifiques).

La dimension territoriale est présente à divers degrés dans les outils dédiés à l'EIT. Elle exige des démarches géographiques, et donc des données systématiquement géolocalisées croisées avec des données cartographiques. Cependant, les territoires ne sont pas les bénéficiaires ciblés par la plupart des outils. Certains proposent des services orientés vers les collectivités, tels que des études prospectives territoriales, de ciblage de territoire à haut potentiel ou l'aide à l'animation de démarches

data, calculations or personalised unitary operations. This tool is useful in IS for making detailed technical feasibility studies.

Analysis

The IS tools fall into two main groups:

- *The first group (BE CIRCLE, EPOS Toolbox, RECYTER, PHOENIX) focuses on industrial facilities to model processes, identify automatically synergies, suggest technical configurations and provide preliminary economic and environmental information. The input data are mainly technical. Data collection and modelling are very time consuming and demand a high level of expertise.*
- *The second group (ACTIF, iNex Circular, Sharebox, Upcyclea) spans many resources to create direct synergies and less frequently indirect synergies in the case of Upcyclea. Tools have various platform structures used by expert intermediaries or directly by beneficiaries. The outputs of these tools are limited to passive or lightly assisted matchmaking features. The required input data are simpler than in the first group. Collecting data can be assisted by the tool but also through workshops. Upcyclea offers a simple solution of operational and collaborative monitoring of synergies with several users.*

The two groups do not overlap. Synergies among process industries require a high level of technical expertise to avoid fake positives, study resources and the required technical setups. The only relevant way to work out these synergies is to model technically the production systems, as done by the first group of tools. The generic platforms mainly deal with the other resources, with simpler technical setups. Some tools in development (as Sharebox) have an intermediate positioning but this may be a double-edged sword.

The territorial aspect is addressed at different levels in IS tools. Territorial approaches require geographical methods, and therefore geolocalised data and cartographic analyses. However, most tools do not target local authorities. Some developers offer services to them, such as territorial forecast studies, identification of high potential land areas or assistance in workshop IS facilitation. But these features are still new or in development.

In theory, IS tools should support decision-making for a detailed assessment of the synergies and their implementation. However, IS tools generate few and insufficient indicators, compared to the numerous parameters considered by decision-makers. IS tools produce no or very few indicators of economic and social context. They do not produce complex indicators such as the impact on workers' health, and do not capture the probabilistic nature of indicators, as required for risk analyses.

Recommendations by users profile

d'EIT. Mais ces fonctionnalités sont encore nouvelles ou en développement.

Les outils EIT doivent en principe préparer la prise de décision pour une étude détaillée et une mise en œuvre de synergies. Or les indicateurs de performance qu'ils produisent ne couvrent que très imparfaitement les paramètres considérés par les décideurs. Ils ne couvrent pas ou très peu les indicateurs de contexte économique et social. Ils ne permettent pas de couvrir des indicateurs complexes comme l'impact sur la santé des travailleurs, et surtout ne prennent pas en compte le caractère probabiliste de l'ensemble de ces indicateurs, pourtant requis pour une analyse de risques.

Recommandations par profil d'utilisateurs

Collectivités territoriales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pour faciliter des échanges inter-territoriaux, ACTIF est pertinent ➤ Sur des territoires délimités avec des ressources génériques, iNex Circular (et peut-être Upcyclea) permet d'identifier des réseaux de synergies possibles. ➤ Pour un territoire très industrialisé, BE CIRCLE pourrait être utilisé pour trouver des combinaisons optimales d'activités industrielles, en particulier en identifiant les profils complémentaires les plus enrichissants. BE CIRCLE est cependant en développement. RECYTER, déjà opérationnel, peut faire cela sur les ressources énergétiques ou matières. Sharebox, en développement lui aussi, se positionne sur ce créneau et devrait proposer des modules pour faciliter la saisie d'informations par les sites industriels. ➤ Pour scénariser des stratégies d'EIT, une application développée sur un logiciel type ForCity pourrait être particulièrement pertinente afin d'évaluer l'impact de création de réseaux de synergies sur le foncier, les infrastructures ou encore la logistique / mobilité.
Gestionnaires de parcs industriels	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aujourd'hui RECYTER et PHOENIX sont des outils efficaces d'identification et d'étude de pistes de synergies à l'échelle d'une plateforme industrielle, dédiés aux ressources énergétiques et matières. PHOENIX peut effectuer des optimisations globales de site, par analyse de pincement. ➤ BE CIRCLE, actuellement en développement, est développé pour aider les gestionnaires de parc industriels. Il couvre l'ensemble des ressources industrielles, avec des fonctionnalités avancées d'optimisation des terrains et d'analyse d'usage des ressources.
Gestionnaires de déchets	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Upcyclea devrait servir, entre autres, les gestionnaires de déchets pour entrer dans des écosystèmes d'acteurs et fournir des services opérationnels de gestion de déchets
Industries de procédés	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PHOENIX est particulièrement adapté pour l'optimisation énergétique et matière et est opérationnel actuellement. ➤ EPOS Toolbox, qui est en développement, pourrait offrir des optimisations globales multi-ressources (énergie, matière...), multi-objectifs (selon plusieurs indicateurs) et des pré-études économiques et environnementales. Il est restreint à 5 secteurs. ➤ BE CIRCLE, en développement, pourrait de même identifier et simuler de nouvelles synergies, sur un ensemble plus large de secteurs industriels. ➤ Sharebox, aussi en développement, n'est pas spécifique aux industries de procédés mais est construit sur une base de synergies incluant certaines synergies pour ces secteurs. Son usage semble moins pertinent pour l'identification de nouvelles synergies.
Autres types d'entreprises	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il n'y a pas d'outil véritablement opérationnel pour ces acteurs. iNex Circular développe une offre sur laquelle peu d'informations sont disponibles actuellement. Sharebox et Upcyclea sont encore en développement.

Recommendations by users profile

Local authorities	<ul style="list-style-type: none"> ➤ To facilitate inter-territorial exchanges, ACTIF is relevant. ➤ On defined territory scopes and for generic resources, iNex Circular (and maybe Upcyclea) enables to identify networks of potential synergies. ➤ For a highly industrialized territory, BE CIRCLE (still in development) might be used to find optimal matches of industrial activities, in particular by identifying the most interesting additional profiles. RECYTER, which is already operational, has similar features for energy resources or materials. Sharebox (in development) positions also in this segment and might be suggesting modules to facilitate data collection by industrial facilities. ➤ To simulate IS strategies, a web application developed with a software like ForCity could be particularly relevant in order to assess the impact of the synergy networks creation for the property, infrastructures or the logistic / mobility.
Industrial park managers	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Today, RECYTER and PHOENIX are effective to identify and study potential synergies for energy and materials on industrial parks. PHOENIX can solve global site optimisations, using pinch analyses. ➤ BE CIRCLE is developed to help industrial park managers. BE CIRCLE addresses all industrial resources, with specific features like land optimisation and resources use analyses.

Waste managers	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Upcyclea targets waste managers to integrate them to stakeholders' ecosystems and provide operational services in waste management.
Process industries	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PHOENIX has particularly strong assets for energy and material optimisation and is currently operational. ➤ EPOS Toolbox, currently in development, could provide global and multi-resources optimisations (energy, material, etc.), multi-objectives (depending on different indicators), and preparatory economic and environmental studies. This tool is limited to 5 sectors. ➤ BE CIRCLE, still in development, could identify and simulate new synergies, on a wider scope of industrial sectors. ➤ Sharebox, also in development, is not specific to process industries but is made on a database of synergies including some synergies for those sectors. Its use seems less relevant for identifying new synergies.
Other types of companies	<ul style="list-style-type: none"> ➤ There is no operational tool for those stakeholders. iNex Circular develops a tool but very few information is available for the moment. Sharebox and Upcyclea still currently development.

Gestion des connaissances dans l'EIT

La nomenclature est un élément majeur des outils EIT car elle permet de trouver des correspondances. Elle peut être sémantique (ressources décrites par un mot) ou physique (ressources décrites par leurs caractéristiques physiques). Une nomenclature idéale devrait décrire l'ensemble des caractéristiques des ressources de manière complète. En pratique, créer une nomenclature efficace est toutefois un défi majeur. Une nomenclature trop détaillée serait trop complexe à utiliser, une nomenclature adaptable risquerait de créer des doublons d'appellation empêchant les correspondances, une nomenclature trop simple passera à côté de correspondances ou créera trop de faux-positifs. Les outils EIT cherchent tous le bon équilibre, en utilisant des nomenclatures publiques (pour les entreprises, les déchets...), et/ou en créant des nomenclatures propres.

Les pistes pour combler ces lacunes sont multiples. Créer une ontologie publique reliant des nomenclatures existantes serait une piste intéressante et permettrait de créer une interopérabilité entre les outils EIT. Cependant, les promoteurs devraient partager leur nomenclature qui est au cœur de leur valeur ajoutée, dans la perspective de gagner une nomenclature plus efficace. L'apprentissage machine peut permettre de créer des ontologies de manière automatique mais la mise en œuvre reste à étudier. Upcyclea développe aussi un passeport ressource intéressant qui lui permettrait de qualifier une ressource avec des métadonnées dans un langage semi-formel.

Traiter la connaissance tacite est une autre difficulté. Les synergies industrielles impliquent de créer des liens entre des activités humaines existantes, comportant chacune des connaissances tacites (par ex. secrets industriels, stratégies d'entreprise, opinions des décideurs...). La création de synergies génère elle-même des connaissances tacites (savoir-faire sur l'implication des parties prenantes, sur la co-création de montages...).

Les outils peuvent et doivent faciliter l'acquisition de ces connaissances, en particulier avec l'aide de nouvelles technologies comme l'apprentissage machine. Le facteur humain est néanmoins la barrière infranchissable de l'EIT. Les services développant et utilisant les outils EIT sont donc autant, si ce n'est plus, stratégiques que les outils eux-mêmes. L'organisation d'ateliers efficaces exige un savoir-faire d'ingénierie sociale difficilement répliquable dans un logiciel. Le juste équilibre entre la collaboration pour la collecte de données, la génération d'idées de synergies, la confidentialité qui limite le partage de données, et le traitement expert par un humain est extrêmement ardu à établir.

Les données sont un autre aspect crucial. Les données utilisées par les outils EIT reposent surtout sur les données entrées par

Knowledge management in industrial symbiosis

The naming convention is a central element in IS tools to find potential resource matches. Naming conventions might be semantic (resources are described with words) or physical (resources are described with their physical characteristics). An optimal convention should fully describe all resource characteristics. In practice, defining an efficient convention is a major challenge. A too detailed convention is difficult to use; an adaptable one would likely create duplicates; a basic convention could miss potential matches or create false-positives. IS tools are all looking for the optimal balance by using public naming conventions (for private companies, wastes, etc.), and/or by creating their own ones.

Several research actions can fill these gaps. Creating a public ontology that connects existing naming conventions would enable interoperability between IS tools. However, IS tool developers would need to share their naming conventions, at the core of their added value. Machine learning could create automatic ontologies, but its feasibility still needs to be explored. Upcyclea is also developing a promising passport of resources that would enable to qualify a specific resource by metadata in a semi-formal language.

Dealing with tacit knowledge is another challenge. Industrial synergies link between existing human activities together, which each include tacit knowledge (for instance: industrial secret, business strategy, views of decision-makers, etc.). The creation of synergies generates itself some tacit knowledge (know-how on stakeholders' involvement, on co-creation arrangements, etc.).

IS tools strive to facilitate knowledge acquisition, in particular with the help of the new technologies, such as machine learning. The human factor is in any case an insurmountable barrier. Facilitation services around IS tools are therefore strategic. Organizing efficient workshops require specific social engineering know-how that can hardly be transcribed in a software code. Finding the optimal balance between the collaboration for data collection, the process to ideate synergies, the confidentiality that prevents from sharing data, and the expert processing is challenging.

Data are another crucial aspect. Data used in IS tools mainly rely on the user's input data. Data massification could support IS initiatives by facilitating data acquisition.

Similarly, some IS tools like EPOS toolbox or BE CIRCLE include virtual industrial profiles that can generate

les utilisateurs. La massification de données pourrait soutenir les démarches EIT en facilitant la saisie de données. De même, certains outils comme EPOS Toolbox ou BE CIRCLE contiennent des profils virtuels d'industries qui permettent de générer des idées de correspondances théoriques sans avoir encore les données des sites.

La gestion des données générées par les nouvelles synergies est très peu pensée. Pourtant, les synergies peuvent donner des indications confidentielles sur le niveau d'activité des partenaires. La réponse apparaît relativement limitée au regard des enjeux. Upcyclea qui cible cette phase d'exploitation se restreint au chiffrement des données. La technologie blockchain pourrait en principe fournir une réponse élégante à la traçabilité et à la confidentialité par cryptographie des échanges de matières entre sites industriels.

Recommandations de politiques publiques

Les politiques publiques pourraient soutenir les démarches d'EIT en favorisant la mutualisation de données, la création de filières de formations académiques et professionnelles, et l'interfaçage entre les nomenclatures. Le développement d'outils pouvant efficacement déployer l'EIT en France requiert encore un effort d'investissement. Les perspectives d'efficacité en ressources, de réduction de la production de déchets et de l'empreinte environnementale de nos sociétés industrielles, et la création d'écosystèmes industriels interconnectés et durables représentent en regard un intérêt général suffisant pour justifier un appui public.

Quelques idées ont pu être identifiées au cours de cette étude.

- **Coordonner la création d'une nomenclature ou d'une ontologie commune**

Les pouvoirs publics (par ex. Ademe) pourraient amener les filières industrielles (par ex. plastique, textile) à travailler dans des groupes de travail thématiques pour nommer leurs ressources. La consolidation de ces thésaurus pourrait permettre de créer une nomenclature commune particulièrement intéressante pour tous les développeurs d'outils EIT. Le travail pourrait aussi être coordonné avec les démarches de normalisation en cours au niveau européen à CEN/CENELEC. Le travail devrait s'étendre à la définition d'indicateurs d'évaluation de synergies, en simplifiant le référentiel ELIPSE, pour constituer à terme une base nationale de synergies.

- **Subventionner les industriels pour mener des diagnostics EIT, les formations d'animateurs EIT et les collectivités territoriales pour évaluer leur potentiel total de l'EIT**

De nombreux promoteurs offrent des services. Subventionner leurs clients bénéficiaires pour mener des études de potentiel EIT pour leurs sites favoriserait le développement de synergies et permettrait d'atteindre une masse critique commerciale pour déployer l'EIT. Cela pourrait se faire sur le modèle des subventions pour audits énergétiques. De même, financer des formations d'animateurs EIT permettrait de renforcer les bases de compétences des acteurs de l'EIT et les rendre plus efficaces. Enfin, subventionner des études de potentiel d'EIT sur un territoire par les collectivités leur permettrait d'identifier précisément les acteurs clés afin de concentrer leurs efforts sur eux, et d'animer ensuite des démarches efficaces de mise en relation en tirant le meilleur des subventions publiques.

theoretical synergy matches without using real data from industrial facilities.

The management of data generated by synergies once operation is little considered. Yet, synergies can indicate the level of activity of synergy partners. The features offered by IS tools are very limited. Upcyclea, which targets specifically the phase of synergy operations, offers data encryption. In theory, the blockchain technology could provide a smart solution for the traceability and the confidentiality of inter-sites material exchanges.

Public policy recommendations

Public policies could support IS tools by fostering data sharing, interoperability between naming conventions, and the creation of academic and professional training courses. The development of tools able to deploy IS in France effectively still requires a public support. The general interest of reaching resource efficiency, reduction of waste production and environmental footprint of industrial companies in France, and the creation of sustainable and interconnected industrial ecosystems is of sufficient general interest to justify such a support.

Ideas would include:

- **Coordinating the creation of a joint naming convention and ontology**

Public authorities (e.g. Ademe) could lead industrial companies (e.g. plastic, textile) to work in thematic working groups to name their resources. The consolidation of these thesaurus could enable to create a joint naming convention, of particular interest for IS tool developers. The work could also be coordinated with ongoing standardisation approaches at the European level at CEN/CENELEC. The work should extend to the definition of synergy assessment indicators, by simplifying the ELIPSE framework, to constitute a national list of synergies at the end.

- **Subsidising industrial companies to make IS audits, training for IS facilitators and IS potential assessment for local authorities**

Many IS tools developers sell services, and not software licences. Subsidising their beneficiaries to carry out studies of IS potential for their facilities would foster the development of synergies and would enable to reach a commercial critical mass. The subsidies for energy audits could be taken as a model. Likewise, funding IS facilitators training would create robust skills to search and implement IS in France efficiently. Finally, IS potential assessments for a territory would precisely identify key actors in order to focus efforts on them, making the best use of public money.

- **Fostering and coordinating the development of open data for industries and communities**

Opening a limited number of data related to the types of input and output flows, and possibly quantities, following the example of the European Pollutant Release and Transfer Register, would provide a key information to IS tools. The implementation of France's République numérique legislation would for instance open the data of local authorities, which have significant resources consumption and waste production. Opening data of their flows would enable IS promoters to exploit these important deposits. Finally, facilitating informatic interpretation of regulations around IS would enable to automatise the processing for identifying synergies.

- **Favoriser et coordonner le développement de l'ouverture des données industrielles et des collectivités**

Ouvrir un nombre restreint de données industrielles relatives aux types de flux entrants et sortants site par site, voire des quantités, sur le modèle de l'European Pollutant Release and Transfer Register, seraient une information majeure dans le déploiement de l'EIT. La mise en place de la loi sur la République numérique est prometteuse car les collectivités, par leur taille, sont des acteurs importants dans la consommation de ressources et la production de déchets. Ouvrir les données de leurs flux permettrait aux promoteurs de l'EIT d'exploiter ces gisements importants. Enfin, faciliter l'interprétation informatique des réglementations entourant l'EIT permettrait d'automatiser leur traitement et affiner les recherches de synergies.

Conclusion

En conclusion, au-delà de l'usage direct de l'étude par les membres de RECORD, le panorama des outils EIT a été riche d'enseignements. L'Europe, en particulier la France, est un terrain fertile pour l'EIT. La variété des outils EIT reflète la variété des synergies possibles. Les outils se spécialisent sur certaines synergies, soit simples et directes, soit sur les procédés industriels pour des mises en œuvre plus complexes. L'étude des outils montre en filigrane l'incroyable polyvalence de l'EIT et ses difficultés inhérentes de mise en œuvre, en particulier sur les questions de nomenclatures et d'ontologies. L'humain semble rester indépassable dans le processus de préparation et de prise de décision. Les nouvelles technologies ouvrent de nouvelles possibilités mais leur usage dans l'EIT est balbutiant. Les politiques publiques peuvent soutenir les démarches EIT en soutenant les acteurs offrant des services et logiciels EIT. La contribution à l'intérêt général de l'EIT justifie amplement ce soutien public. L'EIT peut en effet aider à structurer l'industrie européenne de manière plus durable et générer de nouvelles activités autour de synergies industrielles. L'Europe pourrait alors renforcer son tissu industriel par des liens encore plus étroits, et atteindre de nouveaux gisements de productivité et de développement durable.

Conclusion

Beyond the direct use of IS tools by RECORD members, this study has generated a rich knowledge on industrial symbiosis. Europe, particularly France, is a world leader for IS. The diversity of IS tools reflects the diversity of synergies. Tools are specialising on specific types of synergies, either simple and direct, or more complex for industrial processes. The study highlights by contrast the diversity of IS approaches and the difficulties of implementing IS, particularly in relation to naming conventions and ontologies. A human expert processing is unavoidable in the identify synergies and prepare decision-making. New technologies offer new capabilities but not yet deployed for IS. Public policies can boost IS by supporting organisations offering IS software tools and the related services. IS can indeed contribute to the general interest by making the European industry more sustainable and generating new activities with synergies. Europe could increase the productivity of its industry in a sustainable manner.