

# La maîtrise des risques et l'écologie industrielle : vers une approche intégrée

Anne Muller<sup>1</sup>, Bertrand Guillaume<sup>1</sup>, Eric Châtelet<sup>2</sup>, Babiga Birregah<sup>1</sup>, Sabrina Brullot<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Centre de Recherches et d'Études Interdisciplinaires sur le Développement Durable

<sup>2</sup> Laboratoire de Modélisation et Sécurité des Systèmes

Université de Technologie de Troyes – Institut Charles Delaunay

UMR STMR – CNRS

12, rue Marie Curie, 10010 Troyes

## **Abstract :**

*The new challenges in the analysis, design and monitoring of complex socio-technical systems require the use of methodological approaches inspired by systems analysis. With the emergence of new forms of risk and of multiple interdependencies, it is important that these approaches are able to take into account both the requirements of sustainability as well as the safety of persons, property and the environment. The aim of this paper is to propose a preliminary analysis of industrial ecology and of risks management in order to provide the groundwork for an integrated approach that is based on the interconnections between these two disciplines.*

**Keywords:** industrial ecology, risk management, systems analysis, territory sustainability

## **Résumé :**

*Les nouveaux défis rencontrés dans l'analyse, la conception et le suivi des systèmes sociotechniques complexes requièrent l'utilisation d'approches méthodologiques globales qui s'inspirent de l'analyse systémique. Face à l'émergence de nouvelles formes de risques et aux multiples interdépendances, il est important que ces approches soient capables de prendre en compte tant les exigences de durabilité que celle de sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. L'objectif de ce papier est de proposer une analyse préliminaire des démarches d'écologie industrielle et de maîtrise de risques afin de fournir les bases d'une démarche intégrée qui se fonde sur les interconnexions entre ces deux disciplines.*

**Mots Clés:** écologie industrielle, maîtrise des risques, analyse systémique, durabilité des territoires

## **1. Introduction**

L'écologie industrielle est une discipline émergente dont la part dans la gouvernance devient de plus en plus importante (1). Elle a pour objectif d'optimiser les flux de matière, d'énergie et d'information en s'inspirant du caractère cyclique des écosystèmes naturels dans le but de limiter l'impact environnemental de l'activité industrielle (2), (3). D'un autre côté, la maîtrise de risque revient à identifier les risques potentiels liés à une activité donnée en vue de leur maîtrise, par exemple par l'implémentation de barrières (4), (5). Le choix de ces deux approches pour un regard croisé est guidé par quatre constatations. Premièrement, les deux approches se veulent systémiques, ce qui semble être leur point commun. Deuxièmement, elles reposent toutes deux sur la transdisciplinarité ; or une transdisciplinarité accrue résulterait de la mise en évidence et de la construction de passerelles entre ces démarches. Troisièmement, tant l'écologie industrielle que la maîtrise de risque permettent d'analyser un système à plusieurs échelles spatio-temporelles et à identifier des interrelations de causalités et de conséquentialités entre ces échelles. Quatrièmement et dernièrement, toute modification de flux (de matière, d'énergie ou d'information) imposée par une démarche d'écologie industrielle s'accompagne potentiellement d'une modification de l'une ou de plusieurs des composantes du risque (probabilité d'occurrence, exposition, vulnérabilité, etc.). Inversement, une démarche de maîtrise des risques peut impacter les décisions liées à l'écologie industrielle.

À ce jour, il n'y a que de rares travaux sur le couplage de ces deux thématiques. Pourtant, ce dernier est important dans le cadre d'une évaluation réaliste de solutions territoriales durables. Ainsi, comment pourrait-on, par exemple, construire des synergies éco-industrielles sans en évaluer les risques au sens large (fiabilité, sécurité...) ? Comment assurer la durabilité d'un territoire sans connaître ses vulnérabilités qu'elles soient endogènes ou exogènes (par exemple, l'impact de tarissements de flux internes et/ou externes) ? Les enjeux socio-économiques sont donc de taille et concernent le moyen voire le long terme. Le programme ANR COMETHE (6) a permis d'initier une première réflexion sur le management des risques dans des projets de mise en œuvre des synergies au niveau territorial. Il en résulte que les outils de la sûreté de fonctionnement associés à un système de management de synergies ouvrent de nouvelles perspectives pour la proposition d'une méthode intégrant les démarches d'écologie industrielle et de maîtrise des risques. À terme, il s'agira de construire une méthode capable de prendre en compte l'analyse des composantes du risque (exposition, fréquence, vulnérabilité, etc.) dans la démarche d'écologie industrielle. Cette méthode présentera l'avantage d'offrir une gestion plus durable, plus globale et plus réaliste des territoires. Le présent travail synthétise les premières réflexions menées pour bâtir cette méthode. Plus concrètement, cet article contient une double analyse systémique de l'écologie industrielle et de la maîtrise des risques en vue de les comparer. Après quelques définitions préalables dans la section 2, la double analyse systémique est proposée dans la section 3. Tout au long de l'article, les premières interdépendances et passerelles entre les deux approches sont identifiées. La communication orale mettra plus en avant les couplages possibles entre ces deux disciplines.

## **2. Définitions préalables**

Cette section a pour objectif de clarifier les concepts utilisés dans l'écologie industrielle d'une part et dans la maîtrise de risque d'autre part. Pour cela, chacune de ces approches est considérée comme un système. Les deux systèmes sont ensuite rapidement cernés à l'aide des cinq axiomes de Le Moigne (7). En effet, selon cet auteur, tout système peut être appréhendé en procédant aux cinq analyses suivantes :

- analyse téléonomique (à quoi sert le système ?) ;
- analyse fonctionnelle (que fait le système ?) ;
- analyse organique (de quoi est constitué le système ?) ;
- analyse historique (d'où vient le système ?) ;
- analyse futuriste (que devient le système ?).

À chacun des cinq axiomes est associée une question. Les réponses à ces questions sont fournies dans le Tableau 1. La colonne centrale (en vert) regroupe les réponses pour l'écologie industrielle, tandis que la colonne de droite celles pour la maîtrise des risques (en orange).

Tableau 1 : Définitions de l'écologie industrielle et de la maîtrise de risque

	<b>...l'écologie industrielle ?</b>	<b>...la maîtrise des risques ?</b>
<b>À quoi sert...</b>	À permettre un développement plus durable d'un système sociotechnique en réduisant les flux de matière et d'énergie nécessaires à son fonctionnement à long terme.	À maîtriser les risques afin de permettre l'épanouissement d'un ensemble d'activités sociales, culturelles, économiques, industrielles et de services dans des conditions les plus sûres possibles.
<b>Que fait...</b>	<i>L'écologie industrielle permet, en promouvant la "circularité" des activités économiques, de réduire la quantité de ressources naturelles consommées et la quantité de substances nocives rejetées dans l'environnement</i>	<i>La maîtrise des risques peut se décliner en quatre fonctions principales (selon l'approche cindynique (4)):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>l'identification des dangers<sup>1</sup> ;</i></li> <li>● <i>l'évaluation des risques<sup>2</sup> associés à ces dangers;</i></li> <li>● <i>la hiérarchisation des risques;</i></li> <li>● <i>la réduction des risques.</i></li> </ul>
<b>De quoi est constituée...</b>	L'écologie industrielle est constituée de stratégies de dématérialisation reposant sur 3 types d'approches : produit, territoire et service. Des méthodes, outils et savoir-faire élaborés de manière interdisciplinaire permettent sa concrétisation.	D'un ensemble de concepts organisés pour donner naissance à des méthodes en vue de la concrétisation de l'action de maîtrise des risques. Ces méthodes reposent sur des démarches, des outils et du savoir-faire.
<b>D'où vient...</b>	<i>De l'analogie avec le fonctionnement cyclique des écosystèmes naturels (8). Approche reposant essentiellement dans ses premiers développements sur le déterminisme technologique et la régulation par le marché, avant de s'ouvrir dans un second temps aux dimensions humaines de sa mise en œuvre (9).</i>	<i>La volonté de maîtriser le risque est souvent associée à Rousseau, qui, dans une lettre à Voltaire du 18 Aout 1956, rend les hommes responsables des conséquences du séisme de 1755 : il fallait construire la ville autrement, ou bien ailleurs. Plus récemment (1986), le mot « Cindyniques » est apparu pour désigner les « sciences du danger».</i>
<b>Que devient...</b>	Les évolutions de l'écologie industrielle sont conditionnées par : <ul style="list-style-type: none"> <li>● l'ouverture de la recherche à une interdisciplinarité toujours plus grande (10)</li> <li>● le développement des outils et méthodes</li> <li>● l'existence de technologies permettant le bouclage et la réutilisation de flux</li> <li>● des mécanismes réglementaires, économiques et politiques bloquants ou incitatifs</li> </ul>	Les évolutions de la maîtrise des risques sont conditionnées par : <ul style="list-style-type: none"> <li>● les évolutions réglementaires, économiques et politiques;</li> <li>● les avancées de la recherche scientifique tant au niveau des concepts (11) que des méthodes (12) et des outils (13)</li> <li>● les évolutions technologiques (p. ex. : réseaux de capteurs intelligents)</li> <li>● l'émergence de nouveaux risques (p.ex. : filière hydrogène, nanotechnologies)</li> </ul>

<sup>1</sup> Le danger est la tendance intrinsèque d'un système à engendrer un ou plusieurs accidents et/ou malveillances

<sup>2</sup> Le risque est une mesure du danger. L'évaluation du risque correspond donc à une quantification du danger

### 3. Analyses systémiques de l'écologie industrielle et de la maîtrise des risques

Dans cette partie, les deux approches seront analysées comme deux systèmes distincts. Tout au long de cette analyse le recours au multi-référentiel de constitution et de situation (14), (15) sera privilégié afin d'obtenir une analyse plus approfondie que celle proposée au paragraphe 2. Nous présentons le double-référentiel au paragraphe 3.1 avant de l'appliquer à l'écologie industrielle et à la maîtrise des risques dans le paragraphe 3.2.

#### 3.1 Le multi-référentiel

Le multi-référentiel est un **outil conceptuel** qui sert de **support** pour conduire une analyse systémique (cf. figure 5 en annexe). Il contient **deux référentiels**, eux-mêmes composé de **trois axes chacun**. Le référentiel de situation est conçu pour analyser l'environnement spatio-temporel du système. Il est composé des trois axes suivants : l'espace, le temps et les contraintes. Le référentiel de constitution sert à analyser le système à l'aide des trois axes suivants : le fond, la forme et les finalités/objectifs.

Pour conduire une analyse systémique, les axes doivent être balayés dans un ordre défini. L'analyse débute d'abord par **l'axe des finalités et des objectifs**. Cet axe peut-être mis en parallèle avec la question : à quoi sert le système ? La deuxième étape de l'analyse concerne **l'axe des contraintes**. Il s'agit de définir les contraintes (issues de l'environnement ou du système lui-même) qui s'opposent à la réalisation des objectifs. Une fois ces deux axes balayés, ce qui est communément appelé « l'analyse téléonomique » est achevé. Vient ensuite **l'axe de l'espace**, qui sert à cerner les environnements du système et à identifier les relations (p. ex. : échanges de matière, d'énergie et d'information) que le système entretient avec ces environnements. La quatrième étape est l'analyse du système **dans le temps** d'un point de vue diachronique (cf. définition au paragraphe 3.2.4). Cette étape revient à identifier dans quelle dynamique temporelle le système s'inscrit (d'où vient-il ? Où va-t-il ?). A ce stade de l'analyse, l'analyse téléonomique est achevée et le contexte situationnel du système (temps et espace) est cerné. Il reste à définir comment le système est structuré et organisé pour atteindre ses objectifs, tout en respectant les contraintes qu'il subit. Ce travail est effectué en basculant sur **l'axe de fond**, puis sur **l'axe de forme**. L'axe de fond sert principalement à découper le système en sous-systèmes ; tandis que l'axe de forme est utilisé à la fois pour cerner les relations entre les sous-systèmes et pour définir les fonctions remplies par le système. L'analyse s'achève par un **retour sur l'axe de temps**, mais cette fois-ci d'un point de vue synchronique (cf. définition au paragraphe 3.2.4). Cette dernière phase de l'analyse permet de définir l'ordonnancement des fonctions.

Au terme de l'analyse systémique, des modèles du système inscrit dans son environnement (p. ex. : modèles temporels, modèles mathématiques, schémas, boucles cybernétiques...) peuvent être construits.

### 3.2 Analyses de l'écologie industrielle et de la maîtrise des risques

#### 3.2.1 Axe des finalités et des objectifs

D'une part, la **finalité** de l'écologie industrielle est de permettre un développement plus durable d'un système sociotechnique en réduisant les flux de matière et d'énergie nécessaires à son fonctionnement à long terme. D'autre part, la finalité de la maîtrise des risques est justement de maîtriser les risques, et ce quelle que soit leur nature (risques naturels<sup>3</sup>, risques technologiques<sup>4</sup>, risque sociétaux<sup>5</sup>...).

---

<sup>3</sup> Les risques naturels désignent l'ensemble des risques induits par le milieu naturel (p. ex. : séisme, inondation...).

<sup>4</sup> Les risques technologiques désignent l'ensemble des risques induits par les activités de l'homme (p. ex. : explosion de central nucléaire, fuite de polluant...).

<sup>5</sup> Les risques sociétaux désignent l'ensemble des risques induits par l'organisation de la vie collective sous la forme d'une société (p. ex. : mouvement sociaux, malveillance...).

Concernant l'écologie industrielle, « permettre un développement plus durable d'un système sociotechnique » et « réduire les flux de matières et d'énergie nécessaires au bon fonctionnement du système » sont des exemples **d'objectifs principaux**. Pour ce qui est de la maîtrise des risques, « prévenir les événements redoutés », « protéger les enjeux ou cibles en cas d'événements redoutés » et « gérer les événements redoutés lorsqu'ils surviennent » sont eux aussi des exemples d'objectifs principaux.

Des similitudes apparaissent dans les finalités et les objectifs. En effet, les deux démarches visent à ce qu'une activité donnée perdure dans des conditions durables (en termes sécuritaire d'une part, en termes environnemental d'autre part). Par ailleurs, l'absence de prise de décision pour un développement plus durable d'un système conduit à l'émergence de risques sociétaux dont les effets sont difficilement prévisibles aujourd'hui (p.ex. : la pénurie de ressources vitales dont les populations sont fortement dépendantes peut conduire à des conflits géopolitiques majeurs).

### 3.2.2 Axe des contraintes

Pour tout système, des **contraintes** s'opposent à la réalisation des objectifs.

Parmi les contraintes identifiées pour l'écologie industrielle et pour la maîtrise des risques, des similitudes apparaissent. Premièrement, les deux démarches doivent préserver le dynamisme économique et social. Deuxièmement, elles doivent limiter leurs impacts sur l'environnement naturel et industriel. Troisièmement, elles sont soumises à des contraintes de viabilité économiques et de respect de la qualité des produits ou des procédés. Quatrièmement, elles doivent respecter des dispositions règlementaires clairement établies.

En parallèle de ces similitudes, des différences sont notables. Par exemple, la maîtrise des risques est influencée par une dimension pénale<sup>6</sup> qui ne transparait pas dans l'écologie industrielle.

D'une manière plus générale, l'étude téléonomique laisse émerger des liens entre les contraintes (resp. les objectifs) de l'écologie industrielle et les objectifs (resp. les contraintes) de la maîtrise des risques. L'exemple suivant permet d'illustrer ce propos : « protéger les enjeux ou cibles en cas d'événements redoutés » est un objectif pour la maîtrise des risques tandis que « accroître le moins possible la vulnérabilité de l'objet de l'étude » est une contrainte de l'écologie industrielles. Ces deux idées vont dans le même sens puisqu'il s'agit de limiter la vulnérabilité d'un enjeu. Cependant, ce qui est une contrainte pour l'un est un objectif pour l'autre. Ainsi, les outils de la maîtrise des risques peuvent trouver leur place dans la gestion des contraintes auxquelles l'écologie industrielle doit faire face.

### 3.2.3 Axe d'espace

Une fois l'analyse téléonomique achevée, vient la tâche de **cerner les environnements** du système. Par ailleurs, il convient également dans cette partie d'identifier les **relations entretenues entre ce système et ses environnements**. La figure 1 illustre ce que donne ce travail pour la maîtrise des risques.

---

<sup>6</sup> L'existence de responsabilités pénales en cas d'événement non souhaité est une contrainte notable de la maîtrise des risques

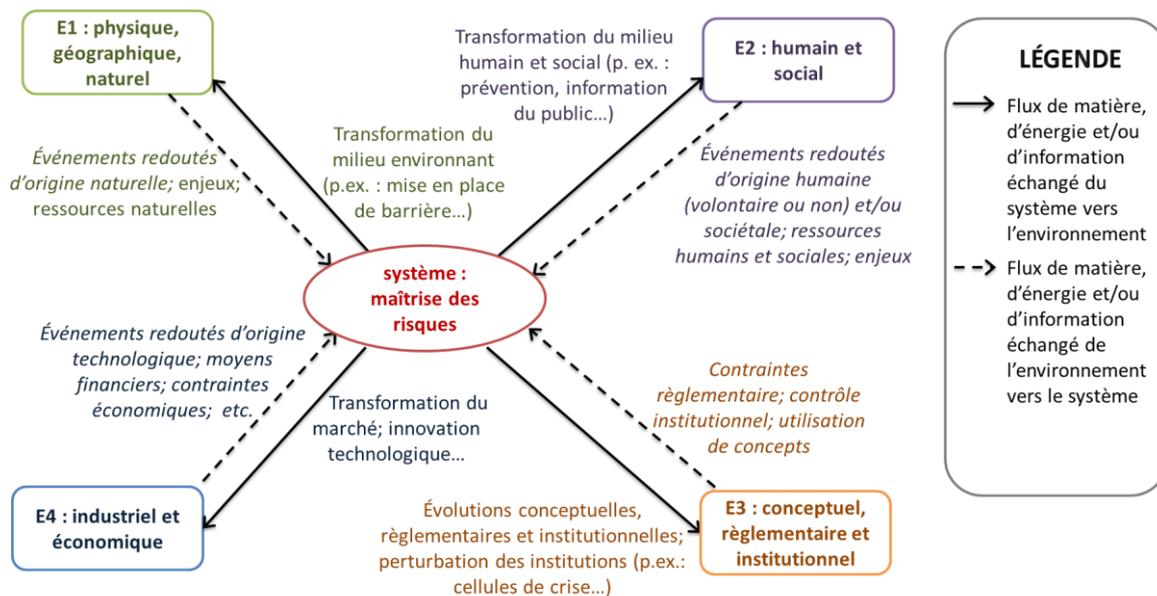


Figure 1 : relations et les flux externes échangés entre le système et ses environnements

Même si les environnements ne sont pas rigoureusement les mêmes (5 pour l'écologie industrielle contre 4 pour la maîtrise des risques), des similitudes apparaissent. Pour l'écologie industrielle, on retrouve de manière assez similaire l'environnement E1 qui se trouve également transformé par l'action du système et qui présente un certain nombre de contraintes contextuelles pour celui-ci (éloignement géographique, infrastructures routières, etc.). Le second environnement est similaire à celui de la maîtrise des risques mais incluse également la sphère institutionnelle. Il se trouve transformé par l'action du système et le contraint à travers l'expression d'enjeux et d'intérêts parfois divergents, par des politiques en matière de gestion des déchets et de préservation des ressources naturelles, ou encore par un contexte organisationnel particulier. Les 3 derniers environnements sont le réglementaire (E3), l'économique (E4) et le technique et technologique (E5). Ces trois environnements se trouvent transformés par l'action du système et en retour le contraignent (disponibilité des technologies, contraintes réglementaires, marchés).

Au-delà des similitudes, une différence fondamentale apparaît entre les deux approches. Les relations qu'entretient la maîtrise des risques avec ses environnements sont fortement influencées par l'occurrence d'un événement redouté (cf. événement redouté d'origine naturelle, d'origine technologique...). Ainsi, l'épée de Damoclès de l'événement redouté donne à la maîtrise des risques une dimension imprévisible qui ne transparait pas dans l'écologie industrielle. En effet, l'écologie industrielle étant plutôt une démarche contrôlée et volontaire, ses environnements constituent principalement des sources de contraintes et non de danger.

### 3.2.4 Axe de temps

Lorsqu'un système est analysé dans le **temps**, deux positionnements complémentaires sont possibles : la diachronie et la synchronie. La **diachronie** correspond à l'étude des grandes phases de vie d'un système de sa naissance à sa mort. D'un autre côté, la **synchronie** s'attache à définir l'ordre dans lequel s'exécutent les actions menées par le système. De manière générale, la synchronie n'est étudiée que pour un nombre restreint de phases diachroniques. Dans le présent paragraphe, seule la diachronie est mise en avant. L'analyse synchronique, quant à elle, est implicitement incluse dans les boucles cybernétiques proposées au paragraphe 3.2.7.

Les grandes phases diachroniques de la maîtrise des risques sur un système support donné (p. ex. : un site industriel) sont les suivantes :

- **Naissance** : prise en compte du besoin de maîtrise des risques pour le système support ;

- **Fonctionnement/dysfonctionnement** : mise en œuvre de la démarche de maîtrise des risques sur le système support. Les risques sont, ou ne sont pas, contrôlés et gérés ;
- **Amélioration et innovation** : selon les innovations technologiques et réglementaires, ainsi que selon l’histoire du système support, l’action de maîtrise des risques est améliorée ;
- **Mort et recyclage** : la maîtrise des risques peut prendre fin si le système support est détruit (p.ex. : accident majeur ou tout simplement fin de vie naturelle). Le recyclage de cette action de maîtrise des risques peut se faire sous la forme d’un retour d’expérience (souvent appelé « Retex »), ce qui revient à utiliser cet exemple pour maîtriser les risques sur d’autres systèmes supports.

L’écologie industrielle comprend également une **phase de naissance** susceptible d’être motivée par une diversité de facteurs (réglementaire, économique, conscience écologique, politique, etc.). Elle est suivie d’une **phase de diagnostic et d’évaluation comparative** des enjeux associés aux différents flux de matières et d’énergie nécessaires au fonctionnement du système et se poursuit par une **phase d’optimisation** de ses flux visant à diminuer la densité. Néanmoins, l’écologie industrielle ne présente pas de phase terminale principalement car le système support est ici un territoire et donc ne présente pas de fin. L’écologie industrielle est donc un processus dynamique s’adaptant constamment aux évolutions des environnements dans un objectif de durabilité à long terme du territoire.

### 3.2.5 Axe de fond

L’analyse selon l’axe de fond sert à découper le système en sous-systèmes. Le tableau 2 récapitule le découpage proposé ainsi que des exemples pour la maîtrise des risques et pour l’écologie industrielle.

Tableau 2 : découpage en sous-systèmes

Sous-systèmes	Exemples pour la maîtrise des risques	Exemples pour l’écologie industrielle
<b>L’équipe projet (SS1)</b>	Service Q.H.S.E. <sup>7</sup> d’une entreprise ou d’une mairie, C.H.S.C.T. <sup>8</sup> , sapeurs-pompiers, etc.	Experts, association de zone industrielle, porteur institutionnel, etc.
<b>L’objet de l’étude (SS2)</b>	Site industriel, ville, procédé, etc.	Un territoire, une zone d’activités, un département, etc.
<b>Les méthodes et les outils (SS3)</b>	A.M.D.E.C. <sup>9</sup> , arbre de défaillance, outils de simulation d’accidents, bases de données de retours d’expériences, etc.	Métabolisme industriel, diagnostic territorial, retours d’expérience, outil informatique de capitalisation de données, etc.
<b>Les solutions techniques (SS4)</b>	Détecteur d’incendie, équipements de protection, etc.	Technologie permettant la transformation d’un flux (compactage, séparation, broyage, etc.)
<b>L’équipe de décision et de pilotage (SS5)</b>	Comité de direction d’une entreprise, Maire, commission de sécurité, etc.	Néant

Dans l’écologie industrielle, l’équipe projet est également détentrice du pouvoir décisionnel. Cette double casquette s’explique par la nature de l’écologie industrielle. En effet, aujourd’hui, il s’agit

<sup>7</sup> Q.H.S.E. est l’acronyme de Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement

<sup>8</sup> C.H.S.C.T. est l’acronyme de Comité d’Hygiène, de Sécurité et de Conditions de Travail

<sup>9</sup> A.M.D.E.C est l’acronyme d’Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

d'une démarche participative et volontaire, initiée par l'impulsion d'une équipe projet autopilotée.

A l'inverse, l'action de maîtrise des risques est déléguée par une équipe de direction à une équipe projet. Cette différence est aisée à expliquer : la maîtrise des risques est caractérisée par une dimension obligatoire et implique des responsabilités pénales, notamment celles des décideurs (p. ex. : le Maire). Ainsi, l'aspect obligatoire et systématique a donné naissance à de multiples équipes projets spécialisées (p. ex. : services Q.H.S.E.) tandis que l'aspect pénal a encouragé les équipes de décision à piloter ces équipes projet.

### **3.2.6 Axe de forme**

L'axe de forme sert à identifier les relations entre les sous-systèmes. Il permet également de faire émerger les fonctions principales remplies (ou non remplies en cas de défaillance) par ses sous-systèmes interagissant en intégration. Des exemples de fonctions principales sont détaillés ci-dessous, pour la maîtrise des risques.

- [F1] Identifier les dangers
- [F2] Évaluer les risques associés à ces dangers et leurs conséquences
- [F3] Hiérarchiser les risques
- [F4] Contrôler et réduire les risques (prévention et protection)
- [F5] Gérer les risques lorsqu'ils surviennent (gestion de crise et résilience)

Concernant l'écologie industrielle, les fonctions principales sont les suivantes :

- [F1] Identifier les flux de matière et d'énergie
- [F2] Analyser comparativement les enjeux associés à ses flux (quantités, impacts...)
- [F3] Établir des priorités concernant les réductions à opérer
- [F4] Diminuer la consommation de matière et d'énergie du système

Malgré des fonctions très spécifiques aux deux systèmes étudiés, leur enchaînement temporel (identifier, quantifier, hiérarchiser, agir) répond à une logique de contrôle commande classique. Par ailleurs, tout comme précédemment souligné dans la partie 3.2.3, la gestion des risques doit faire face à l'occurrence potentielle d'événements non souhaités, qu'il faut gérer au moment où ils surviennent. La dimension imprévisible du risque est donc notable à plusieurs niveaux de l'analyse systémique.

### **3.2.7 Synthèse des analyses sous la forme de boucles cybernétiques**

Les analyses systémiques permettent de faire émerger des boucles cybernétiques. Dans cet article, seules les boucles cybernétiques principales sont présentées. La figure 3 correspond à la boucle principale de la maîtrise des risques tandis que la figure 4 correspond à celle de l'écologie industrielle.

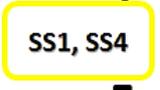
ACTEURS	OPÉRATIONS	COMPOSANTS DE L'ACTION
 <p>SS5 DÉCIDEUR</p>	Le sous-système « équipe de décision » (SS5) contrôle le processus de maîtrise des risques. Il sélectionne notamment les solutions techniques à mettre en place pour réduire les risques (F4).	<b>Pensée/volonté</b> (stratégie de fonctionnement, pilotage...) <b>Information</b> (choix de solutions techniques, procédures...)
 <p>RÉGULATEUR DÉTECTEUR SS1, SS3 SS1</p>	Le sous-système « équipe de gestionnaires de risques » (SS1) analyse les informations circulant dans le système et s'appuie sur les méthodes et des outils (SS3) pour conduire et orienter l'étude de gestion des risques (F1, F2 et F3). Il rend son étude à l'équipe de décision (SS5).	<b>Information</b> (études <i>in situ</i> , retour d'expérience, veille réglementaire, rédaction de rapport de maîtrise de risque...) <b>Pensée/volonté</b> (évolution des outils d'analyse de risque...)
 <p>EFFECTEUR SS1, SS4</p>	Le sous-système « équipe de gestionnaires de risques » met en place et assure la performance (F4) des solutions techniques (SS4) retenues par l'équipe de décision (SS5).	<b>Énergie, matière</b> (mise en place de solutions techniques, modification des process, ajout de contraintes...) <b>Information</b> (modification des procédures, formation...)
 <p>OBJET CIBLE SS2</p>	Le sous-système « objet d'une étude de maîtrise des risques » est l'objet cible. Il est analysé (par SS1) et modifié (par SS1 et via SS4) pour y maîtriser les risques.	<b>Énergie, matière, information</b> (signes de dysfonctionnement, usure, fatigue, situation de danger, accidents...)

Figure 3: Boucle cybernétique principale de la maîtrise des risques

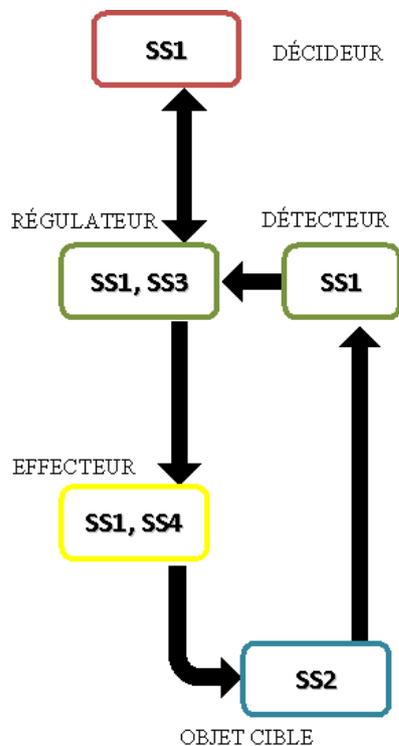


Figure 4 : Boucle cybernétique principale de l'écologie industrielle

Le détail des opérations et des composants de l'action est présenté dans le premier cas seulement à titre d'exemple. Ces éléments sont naturellement très spécifiques à la maîtrise des risques, de même que les opérations et les composants de l'action de la boucle cybernétique de l'écologie industrielle seraient également très spécifiques. Pour répondre à notre problématique, la comparaison des boucles cybernétiques suffit. Celle-ci permet de renforcer la différence mise en évidence préalablement concernant le rôle cumulatif de l'équipe projet et de l'équipe de décision dans le cadre de l'écologie industrielle. En effet, le sous-système SS1 apparaît au titre de décideur, régulateur, effecteur et détecteur sur la figure 4. Ceci s'explique par le caractère volontaire des démarches d'écologie industrielle actuellement en France alors que la maîtrise des risques est réglementée. Notons cependant que l'écologie industrielle est susceptible de devenir elle aussi réglementée. Deux formes paraissent probables. La première répond à une logique de différenciation et de recherche de compétitivité par les entreprises et les territoires.

Elle se caractérise par de la labellisation ou de la certification. Dans ce cas, la démarche reste volontaire mais s'inscrit dans un cadre institutionnel précis qui en contraint la mise en œuvre. La

seconde répond à une logique d'incitation ou d'obligation réglementaire et peut se traduire par exemple par la création d'une loi imposant l'application des concepts de l'écologie industrielle pour toute création de nouvelles zones industrielles, comme c'est le cas en Chine. Dans les deux cas, la boucle cybernétique de l'écologie industrielle se verrait modifiée. Il est alors probable que les fonctions décisionnelle et opérationnelle soient distribuées différemment entre les acteurs publics et /ou privés du territoire. Cela pourrait donner naissance à un SS5 (équipe de décision et pilotage), à l'image de ce qui est fait pour la maîtrise des risques.

## 5. Conclusion

Ce travail s'appuie sur une double analyse systémique de l'écologie industrielle d'une part, et de la maîtrise des risques d'autre part. Le but de ce travail est d'identifier des similitudes et des différences entre ces deux disciplines, dans l'espoir de construire une méthode intégrant la maîtrise des risques à l'écologie industrielle. Cette méthode devra permettre de réaliser des actions plus réalistes et plus globales pour augmenter la durabilité des territoires.

Ce travail a mis en évidence les deux résultats principaux discutés ci-dessous.

Premièrement, des similitudes apparaissent au niveau de l'étude téléonomique car les deux présentes des objectifs et des contraintes similaires. De plus, certaines contraintes de l'écologie industrielle correspondent aux objectifs de la maîtrise des risques. Ce dernier point laisse à penser que les outils de la maîtrise des risques peuvent trouver leur place dans la gestion des contraintes auxquelles l'écologie industrielle doit faire face. Deuxièmement, la maîtrise des risques doit faire face à deux facteurs qui n'apparaissent pas dans l'écologie industrielle : la dimension obligatoire accompagnée du caractère pénale d'une part, et la dimension imprévisible (caractéristique intrinsèque du risque) d'autre part. Sur ces points également, le travail laisse présager des couplages possibles. D'une part, la dimension obligatoire et pénale donne à l'écologie industrielle un exemple de ce qu'elle pourrait devenir si elle devenait elle aussi soumise à des lois et/ou à des certifications/labellisations. D'autre part, la dimension imprévisible du risque a donné naissance à pléthore d'outils probabilistes, dont l'utilisation en écologie industrielle permettra sûrement d'obtenir une méthode plus en adéquation avec la réalité de l'administration des territoires.

Ainsi, ce travail ouvre donc la voie vers des perspectives de couplage entre ces deux disciplines, couplages qui seront mis en avant de manière plus approfondie lors de la communication orale.

## Bibliographie

1. **Graedel, T. E. et Allenby, B. R.** *Industrial Ecology*. Prentice Hall. 2003.
2. **Erkmann, S.** *Vers une écologie industrielle*. C. L. Mayer. 1998.
3. **Adoue, C.** *Mettre en oeuvre l'écologie industrielle*. s.l. : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2007.
4. **Kervern, G.-Y. et Boulenger, Ph.** *Cindyniques, Concepts et mode d'emploi*. s.l. : Economica, 2007.
5. **Perilhon, P.** *MOSAR - Présentation de la Méthode*, Technique de l'Ingénieur, Vol. SE4060, 2003.
6. **[s.n.]** *Conception d'outils méthodologiques et d'évaluation pour l'écologie industrielle, Rapport scientifique*, Agence Nationale de la Recherche. 2011.
7. **Moigne (Le), J.-L.** *La Théorie du Système Général : Théorie de la Modélisation. La Théorie du Système Général : Théorie de la Modélisation*. [www.mcxapc.org]. 2006.
8. **Frosch R. A., Gallopoulos N. E.** *Strategies for Manufacturing*. Scientific-American, n° 261, pp. 144-151. 1989
9. **Ehrenfeld J. R.** *Industrial Ecology: a framework for product and process design*. Journal of Cleaner Production, vol. 5, n°1-2, pp. 87-95. 1997.
10. **Boons F., Baas. L.W.** *Types of industrial ecology: the problem of coordination*. Journal of Cleaner Production, vol. 5, pp. 79-86. 1997.

11. **Hollnagel, E., Woods, D.D. et Leveson, N.** *Resilience engineering: concepts and precepts*. s.l. : Ashgate. 2006.
12. **Muller, A.** *Développement d'une méthode de modélisation pour l'évaluation de la performance de stratégies de sécurité incendie*. Université de Haute-Alsace. 2010.
13. **Labeau, P.E., Smidts, C. et Swaminathan, S.** *Dynamic reliability: towards an integrated platform for probabilistic risk assessment*. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 68, pp. 219–254. 2000.
14. **Gallou (Le), F. et Bouchon-Meunier, B.** *Systémique : Théorie et Applications*. s.l. : Technique et documentation – Lavoisier. 1992.
15. **Piwowar, J., Chatelet, E. et Laclémence, P.** *An efficient process to reduce infrastructure vulnerabilities facing malevolence.*. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 94, pp. 1869-1877. 2009.
16. **Ashford, N.** *Industrial safety: The neglected issue in industrial ecology*. Journal of Cleaner Production, Vol. 5. 1997.

**Annexe : le double référentiel de constitution et de situation**

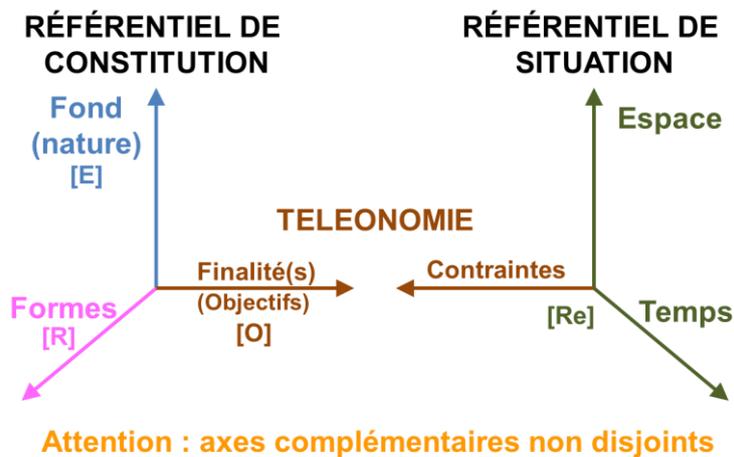


Figure 5 : le double référentiel de constitution et de situation