

2010

Cahier Eco-Obs n°4

# Ulysse – modélisation causale pour l'analyse de la complexité urbaine

Document de travail destiné  
aux partenaires d'Eco-OBS

Gilles DESTHIEUX

16/02/2010



h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

## SOMMAIRE

1	PROBLEMATIQUE DE LA COMPLEXITE URBAINE	2
2	OUTIL ULYSSE POUR LE DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT ET DE LA COMPLEXITE D'UN SYTEME URBAIN	2
3	MODULES DE L'INTERFACE INTERNET	4
4	FORMULATION DES MODELES MENTAUX	4
	<b>Etape 1 : Analyse du contexte initial</b>	<b>5</b>
	<b>Etape 2. Résumé de l'analyse contextuelle et choix des leviers d'action (où intervenir dans le système)</b>	<b>6</b>
	<b>Etape 3. Choix et qualifications des relations causales</b>	<b>6</b>
5	ANAYLSE INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE	8
	<b>Analyse des modèles individuels</b>	<b>9</b>
	<b>Analyse collective</b>	<b>12</b>
6	IDENTIFICATION DES VARIABLES CLEFS	14
7	CONCLUSION : PERSPECTIVE POUR ECO-OBS	15
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	16

## 1 PROBLEMATIQUE DE LA COMPLEXITE URBAINE

La mise en œuvre d'écoquartier est extrêmement complexe étant qu'elle implique d'intégrer un certain nombre de thématiques et critères fortement interdépendants. L'évolution d'un quartier ou d'un projet de quartier vers la durabilité implique au préalable de comprendre les mécanismes sous-jacents au système urbain, en particulier à travers les relations causales entre les phénomènes, d'identifier les dysfonctionnements, en localiser les causes ainsi que les leviers d'action pour améliorer la situation observée.

Un tel cadre systémique de la planification urbaine a deux implications :

Dépasser les approches sectorielles habituelles consistant à optimiser un nombre limité de critères. Une telle optimisation peut avoir des conséquences négatives sur d'autres critères non pris en compte. Un exemple simple au niveau technique : des bâtiments très bien isolés consomment certes peu d'énergie lors de leur utilisation, mais l'épaisseur additionnel des murs et l'utilisation de certains matériaux a pu nécessiter un surplus sensible en énergie grise, d'où l'importance de l'analyse du cycle de vie complet des processus. De même, un quartier très performant en terme environnemental, qui consomme peu de ressources, ne garantit pas nécessairement l'atteinte d'autres objectifs de nature qualitative également centraux pour la durabilité : mixité, cohésion sociale, densité qualifiée, etc.

Il importe de ne pas se limiter à une simple liste de critères ou d'indicateurs qui ne reflète pas la complexité, mais de **construire un système qui établit clairement les interdépendances entre les critères/indicateurs**<sup>1</sup>. La répartition des critères dans les thèmes est toujours très délicate et arbitraire, prendre en compte les interdépendances existantes permet en partie de s'affranchir du problème. Par exemple, la *mixité fonctionnelle* (répartition équilibrée habitat-activités) comporte de nombreux liens avec d'autres critères et donc central dans le système : il a des multiples incidences notamment sur la consommation énergétique, la mobilité, la vie de quartier (sécurité), le développement économique.

## 2 OUTIL ULYSSE POUR LE DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT ET DE LA COMPLEXITE D'UN SYTEME URBAIN

Dans le précédent cahier Eco-OBS n°2 (« Vers un système de management urbain »), nous avons présenté la méthode d'aide à la décision « Albatros » qui est structurée en deux modules : « Albatros-Diagnostic » (définitions des enjeux, besoins) et « Albatros-Scénario » (comparaison multicritère de variantes de décision). Dans le module diagnostic, la justification des besoins passe par une analyse à la fois de la *situation actuelle* d'un contexte donné ou future en fonction d'un projet planifié (ce qui est fait par l'outil Hermione et donc SméO), et du *fonctionnement du système* (quelles conséquences sur les critères, si la situation observée évoluent dans un sens ou un autre, selon quels mécanismes causaux ?).

<sup>1</sup> Desthieux G., Approche systémique et participative du diagnostic urbain. Processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques, PHD Thesis n°3216, 2005, EPFL, Lausanne (<http://library.epfl.ch/theses/?nr=3216&lang=fre>)

L'analyse systémique est mise en œuvre par un outil informatique appelé « Ulysse »<sup>1</sup> qui a été développé pour aider les acteurs de la planification urbaine à identifier les relations causales et analyser et comparer les modèles résultants de différentes personnes. Il constitue en quelque sorte un outil d'apprentissage sur la complexité en permettant d'exprimer des représentations et de le faire évoluer à travers les échanges entre les acteurs d'un groupe.

Le développement de l'outil « Ulysse », s'insère dans la tendance actuelle des approches qualitatives reconnues comme très pertinentes pour l'évaluation territoriale en amont des processus décisionnels, lorsque les problèmes sont généralement flous et complexes. Il part de l'hypothèse que tout individu perçoit la complexité d'un système donné, les interactions entre les composantes du système. Chaque individu 'stocke' ces interrelations dans des bases de données mentales (ou modèles mentaux)<sup>2</sup>. La perception de la complexité est généralement inconsciente jusqu'à ce que l'on interroge les acteurs et leurs modèles mentaux et qu'on les formalise sur un support donné.

L'outil Ulysse consiste à formaliser dans le cadre d'un entretien avec un individu son modèle mental de la complexité d'un système donné à travers la modélisation causale (relations causales entre les composantes du système). Il exprime ainsi comment il se représente les mécanismes complexes de la planification urbaine par exemple. L'outil se matérialise par une interface Internet qui permet d'accompagner l'entretien et stocker les résultats dans une base de données. Ces résultats sont sous la forme de modèles causaux des variables (composantes du système, critères, indicateurs). L'analyse des modèles permet d'identifier les contradictions entre les objectifs, les boucles de rétroaction (qui expriment le mieux la complexité), les axes stratégiques (leviers) et sensibles, la structure causale des modèles (pour identifier les cheminements stratégiques) et de comparer les modèles proposés par les acteurs en relevant les éléments convergents et divergents.

---

<sup>1</sup> Par allusion au récit mythologique d'Ulysse, nous faisons l'analogie entre l'Odyssée et la façon d'explorer et découvrir la complexité du monde réel.

<sup>2</sup> Forrester J.W. 1992. Policies, decisions and information source for modeling. *European Journal of Operational Research* 59(1): 42-63.

### 3 MODULES DE L'INTERFACE INTERNET

Le fonctionnement de l'outil Ulysse est décrit en détails dans un article scientifique<sup>1</sup> disponible sur demande.

L'outil Ulysse se matérialise par une interface Internet<sup>2</sup> qui intègre trois modules :

Le module d'*explicitation* est un formulaire qui assiste, durant l'entretien avec un individu, l'explicitation de son modèle mental qui est ensuite stocké en tant que modèle de relations causales dans la base de données de l'outil.

Sur la base des données stockées durant l'entretien, le module d'*analyse* propose des algorithmes pour analyser les modèles individuels, les comparer et les regrouper.

Le module d'*affichage* montre sur l'interface Internet les résultats de la modélisation causale et des analyses ; ces résultats peuvent être facilement consultés par les acteurs d'un groupe grâce au Web.

Le module d'analyse est central car il permet de mettre en évidence les éléments convergents et divergents entre les acteurs et constitue une base pour la discussion et l'apprentissage collectif.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les modules d'explicitation et d'analyse en détail.

### 4 FORMULATION DES MODELES MENTAUX

Il est souvent ardu pour les personnes interrogées de fournir directement des relations causales, de les dessiner sur une feuille de papier par exemple. Il s'agit d'un processus cognitif et itératif qui prend un certain temps. Pour cette raison, l'entretien utilisant l'outil Ulysse est divisé et structuré dans un processus séquentiel en trois étapes, durant lesquelles un modèle causal émerge progressivement.

Chacune des étapes est illustrée par des copies d'écran de l'outil, dont le contenu provient d'un essai d'application sur quelques critères de la liste de NaQu dans le cadre d'un quartier planifié hypothétique.

<sup>1</sup> Desthieux G., Joerin F., Lebreton M. "Ulysse: a qualitative tool for eliciting mental models of complex systems. Methodological approach and application to regional development in Atlantic Canada", System dynamics review, sous presse, 2010.

<sup>2</sup> L'interface Web combine les techniques PHP et MySQL. Les informations données par la personne interrogée sont stockées dans une base de données gérée par un serveur MySQL à travers des requêtes codées dans des scripts en PHP (scriptes qui insérés dans les fichiers html). Le modèle causal proposé et les analyses peuvent ainsi être affichés sur l'interface Web. De telles technologies rendent possible la saisie individuelle d'information à distance sans facilitateur. Mais nous suggérons d'utiliser cet outil pour accompagner un entretien, étant donné que nous estimons que la construction d'un modèle causal à travers la discussion enrichi l'information obtenue.

## ETAPE 1 : ANALYSE DU CONTEXTE INITIAL

L'utilisation d'Ulysse intervient une fois qu'un premier ensemble de variables (regroupées autour de critères dans le cadre de notre observatoire) a été défini. L'analyse de la situation courante constitue le point de départ de la modélisation qualitative causale qui suit dans les étapes ultérieures.

Cette étape comprend trois tâches (Figure 10) :

- La personne interrogée choisit environ 10 variables qui lui paraissent le plus significatif pour elle. L'objectif de cette sélection est d'éviter une analyse trop exhaustive et ce cibler sur ce qui paraît le plus importante à considérer dans l'analyse du système.

Ensuite pour chaque variable sélectionnée, il s'agit de spécifier deux informations :

- Tendance souhaitée associée à la variable : la direction (maximiser, stabiliser, minimiser) vers laquelle la personne souhaite voir évoluer la variable.
- La situation actuelle (initiale): cela est défini selon ensemble de trois valeurs qualitatives ou ordinales (bon, moyen, insatisfaisant) symbolisées sur l'interface par les couleurs (vert, jaune, rouge). Cette situation décrit l'état d'un quartier existant ou bien la situation prévue d'un quartier planifié. Cette analyse formalise la perception de l'individu sur le problématique actuelle.

140. Mobilité					
Critères	Tendance	Green	Yellow	Red	Remarques
<input type="checkbox"/> 141. Locomotion douce :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<input type="checkbox"/> 142. Transport public :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> 143. Transport individuel motorisé :	Minimiser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Quartier à forte dépendance TIM
<input type="checkbox"/> 144. Stationnement :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<input type="checkbox"/> 145. Gestion de la mobilité :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

150. Energie					
Critères	Tendance	Green	Yellow	Red	Remarques
<input type="checkbox"/> 151. Standards énergétiques :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<input type="checkbox"/> 152. Energies renouvelables :	-	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> 153. Energie et mobilité :	Minimiser	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Consommation énergétique de la mobilité

**Situation initiale**

- Bonne
- Moyenne
- Mauvaise

Figure 1 : Extrait de l'interface relevant le choix d'un sous ensemble de variables (critères), leur tendance désirée et la perception de leur état (situation) actuel ou planifié. Par exemple, l'utilisateur sélectionne le critère Transport individuel motorisé qu'il souhaite voir diminuer (minimiser) en termes de part TIM dans le quartier et perçoit la situation planifiée comme mauvaise (dans l'état actuel des plans, le quartier demeurera dans une forte dépendance au TIM).

En mettant en perspective cette démarche avec les projets NaQu et Eco-Obs, cette étape est très similaire à l'évaluation des critères via l'outil SmEO utilisant également une échelle ordinaire de couleurs. Ainsi, l'évaluation SmEO pourra constituer cette première étape de la démarche Ulysse de modélisation causale.

## ETAPE 2. RESUME DE L'ANALYSE CONTEXTUELLE ET CHOIX DES LEVIERS D'ACTION (OU INTERVENIR DANS LE SYSTEME)

Les informations initiales (tendance souhaitée) et situation initiale) sont présentées sur l'interface selon une vue globale qui permet d'évaluer la performance générale du système actuel (ou planifié) selon le point de la personne interrogée (Figure 11).

Ensuite la personne sélectionne les variables qui peuvent être considérées comme leviers d'action ou politiques potentiels ; c'est-à-dire les variables sur lesquelles le gestionnaire peut agir directement pour améliorer la situation générale. Cela ne signifie pas qu'il n'y aura pas d'action sur les autres variables, mais elles reflèteront davantage des actions indirectes.

100. Tissu économique		Levier
103. Promotion économique	Max	<input checked="" type="radio"/> non <input type="radio"/> oui
120. Tissu social		Levier
122. Vie collective	Max	<input type="radio"/> non <input checked="" type="radio"/> oui
130. Sécurité et usage des lieux		Levier
131. Mixité des affectations	Max	<input type="radio"/> non <input checked="" type="radio"/> oui
134. Respect des lieux	Stb	<input checked="" type="radio"/> non <input type="radio"/> oui
140. Mobilité		Levier
143. Transport individuel motorisé	Min	<input type="radio"/> non <input checked="" type="radio"/> oui
150. Energie		Levier
153. Energie et mobilité	Min	<input checked="" type="radio"/> non <input type="radio"/> oui
160. Site et sol		Levier
162. Utilisation du sol (densité)	Max	<input type="radio"/> non <input checked="" type="radio"/> oui
170. Biodiversité et espaces publics		Levier
172. Espaces publics du quartier	Max	<input type="radio"/> non <input checked="" type="radio"/> oui

<b>Situation initiale</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Bonne
	<input type="checkbox"/> Moyenne
	<input type="checkbox"/> Mauvaise
<b>Tendance</b>	
	Max Maximiser
	Stb Stabiliser
	Min Minimiser

Figure 2 : Résumé de la situation initiale et identification des leviers. Dans l'exemple, pour améliorer le système, la personne interrogée souhaite agir directement sur : Vie collective, Mixité des affectations (fonctionnelle), TIM, Densité et Espaces publics.

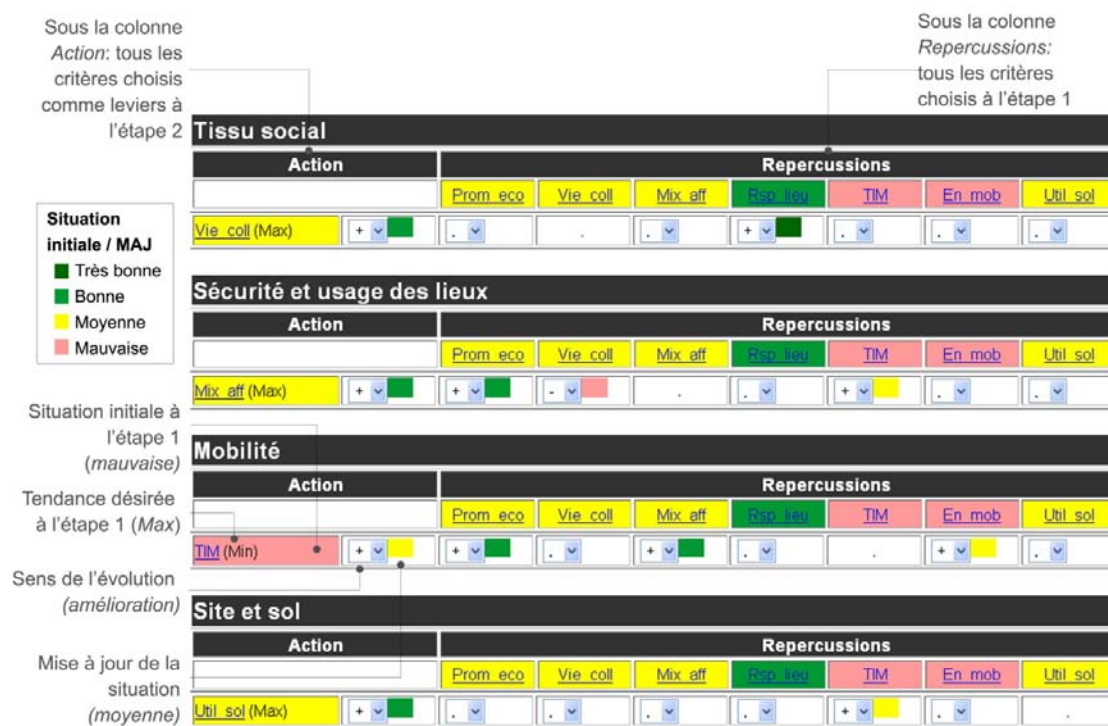
## ETAPE 3. CHOIX ET QUALIFICATIONS DES RELATIONS CAUSALES

L'objectif de cette étape est de construire les relations causales entre les variables sélectionnées en considérant les possibles conséquences résultant d'actions données. Le modèle causal est construit en remplissant la matrice<sup>1</sup>, telle qu'illustrée à la Figure 12. Le contenu de la matrice est différent pour

1 L'approche matricielle est très utile, sur un plan informatique, pour stocker les relations (une case non vide de la matrice signifie la présence d'une relation) et analyser ensuite les modèles causaux. Comme on le verra plus loin, cela n'empêche pas les

chaque individu, puisqu'il est construit à partir des préférences exprimées durant les étapes antérieures (choix des variables et leviers d'action). La représentation matricielle, étant constituée de relations binaires entre les variables, permet de se focaliser sur une relation à la fois.

La question derrière chaque relation causale est : si une variable du système, défini auparavant comme levier d'action, évolue d'une situation initiale à une autre (soit par une amélioration ou détérioration), quelles sont les conséquences sur les autres variables. Vont-elles également évoluer, et si oui, dans quelle direction (s'améliorer ou se détériorer) ?



**Figure 3 : Extrait de la matrice de saisie des relations causales (identification de co-évolutions). Par exemple, la personne interrogée établit une relation entre Mixité des affectations et TIM et estime qu'une amélioration (+) d'un niveau moyen à bon dans le premier critère doit causer une amélioration (+) d'un niveau mauvais à un niveau moyen chez le deuxième.**

Ainsi les relations causales sont définies à travers l'identification de co-évolution entre des paires de variables, de la façon suivante :

- Verticalement, sous la colonne Action, la matrice montre les variables sélectionnées comme leviers d'action potentiels dans l'Etape 2. L'individu spécifie si ces variables évoluent vers une amélioration ou détérioration (particulièrement pertinente pour les variables ayant une situation initiale bonne, comme *Skills level* dans la Figure 12).
- Horizontalement, sous la colonne fusionnée Répercussion, la matrice montre l'ensemble des variables sélectionnées dans l'Etape 1. L'individu spécifie si les actions vont conduire à une

représentations graphiques habituelles (relation = flèche) très utiles pour visualisation du modèle, mais qui ne peuvent pas être supportées informatiquement.



évolution de la situation de ces variables et la direction du changement (amélioration ou détérioration).

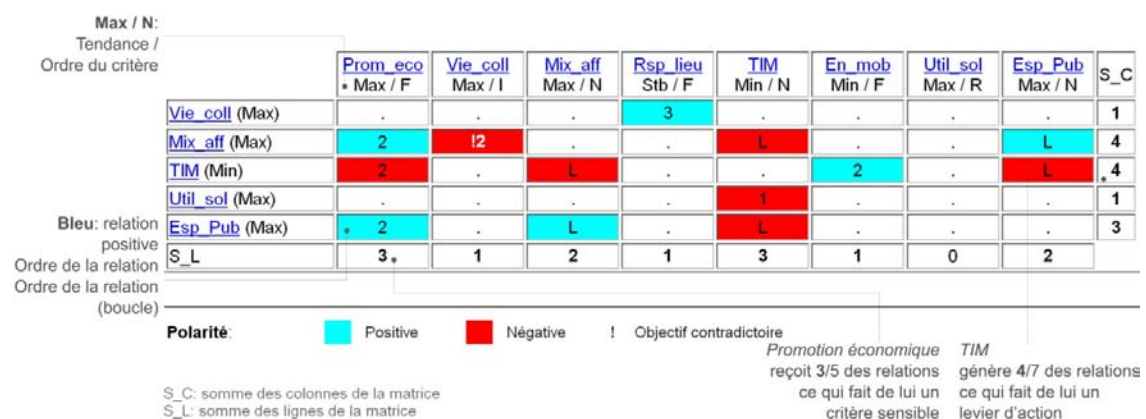
Pour chaque variable de la matrice, Ulysse présente la situation initiale telle que perçue dans l'Etape 1 et la tendance désirée. Une fois le sens de l'évolution choisie, l'interface met à jour la situation courante de la variable. Dans certains cas, une variable qui est déjà initialement *bonne* peut évoluer vers une situation *très bonne*, ce qui représente la limite supérieure du système (réciproquement pour *mauvais* -> *très mauvais* représentant la limite inférieure).

La personne interrogée peut remplir elle-même la matrice, mais nous suggérons que le modélisateur initie une conversation autour du fonctionnement du système. Il traduit ensuite le discours verbal en termes de relations causales binaires telles qu'illustrées par la matrice.

Pour résumer ces trois premières étapes, le processus d'explication des modèles mentaux cible progressivement ce qui est le plus significatif et pertinent de la façon suivante : l'entretien commence avec une large liste de variables ; environ dix sont sélectionnées par l'individu. A nombre limité de variables à partir de cette sélection sont identifiées comme leviers d'action potentiels. L'analyse présentée plus bas révélera les boucles de rétroaction et les variables qui ont une place déterminante dans le système.

## 5 ANALYSE INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE

L'interface Ulysse permet d'effectuer un certain nombre d'analyses statistiques des modèles causaux. L'analyse porte aussi bien sur les modèles exprimés individuellement (analyse de divergence) que les modèles collectifs issus d'une agrégation (analyse de convergence).



**Figure 4 : Matrice des relations causales et résultats des analyses statistiques. Les indices dans les cellules correspondent aux ordres des relations et les couleurs à la polarité des relations.**

## ANALYSE DES MODELES INDIVIDUELS

Dans ce module, les paires de coévolutions entre variables (étape 3) sont intégrées dans un modèle causal. Des indices statistiques sont ensuite calculés afin d'aider à interpréter le modèle. L'outil code dans sa base de données les modèles causaux en tant que matrices qui sont remplies par les indices issues de l'analyse. L'analyse concerne le contenu des modèles (polarité des relations, dynamiques contradictoires, poids des variables) et leur structure (ordre hiérarchique des relations, des variables et boucles de rétroactions). La Figure 13 montre la représentation matricielle du modèle causal proposé par une personne et les résultats des différentes analyses détaillées ci-dessous.

### Polarité des relations causales

Le programme détermine la polarité des relations entre les variables en considérant la direction de leur coévolution et les tendances souhaitées des variables. La polarité est soit positive lorsque l'augmentation du niveau d'une variable conduit à l'augmentation du niveau d'une autre (par exemple *Mixité des affectations* -> *Promotion économique*), soit négative si une augmentation conduit à une diminution (*TIM* -> *Espace public*).

### Dynamiques contradictoires

L'outil peut détecter des aspirations contradictoires entre des objectifs associés aux variables. Par exemple, la personne interrogée peut souhaiter maximiser deux variables, mais en même temps elle pense que l'augmentation de la quantité d'une variable peut décroître celle d'une autre variable. Ainsi la maximisation des deux variables et la polarité négative de leur interrelation est incompatible. Cela pourrait être le cas pour la relation entre *Mixité des affectations* et *Vie collective*. En effet, il pourrait avoir un risque, sous certaines conditions (exprimées par des variables tierces qu'il faudrait expliciter), qu'une part importante des bâtiments alloués aux activités commerciales défavorise la vie collective du quartier (climat social harmonieux). En effet, si la majorité des employés n'habitent pas le quartier, ils participeront relativement peu à la vie collective du quartier, ce qui entraînera une ségrégation entre habitat et activités.

### Analyse de la structure causale et émergence des boucles de rétroaction

L'analyse de la structure causale consiste à décrire le positionnement hiérarchique des variables et des relations (Figure 14). Une telle analyse, tirée de la théorie des graphes, est utile pour identifier les stratégies d'action qui seront les plus efficaces pour atteindre les objectifs.

- **Ordre des variables** : cela consiste à donner le positionnement hiérarchique des variables dans le système causal en spécifiant si une variable est une 'racine' (pas de prédécesseurs), un 'intermédiaire' (reçoit une variable et en donne une), un 'nœud' (position centrale : reçoit et/ou donne au moins deux relations), ou une 'extrémité finale' (pas de successeurs).
- **Ordre des relations** : cette fonction construit une hiérarchie des relations dans le système causal. Une relation d'un ordre peu élevé (1) influence directement une autre variable (ce qui peut être préféré par le décideur), tandis qu'une relation d'un ordre élevé résulte d'une chaîne causale avec des influences moins directes. En explicitant ainsi la structure de la chaîne causale, l'analyse permet de suggérer les meilleurs cheminements et stratégies pour atteindre les objectifs.

La Figure 15 présente le cas particulier des boucles de rétroaction entre deux variables (a) et à travers un circuit (b, c). Les variables qui appartiennent à une boucle constituent un circuit. Elles sont toujours d'un même ordre ('nœud'), puisque de telles variables partagent les mêmes prédécesseurs et successeurs et il n'est donc pas possible d'établir une précedence causale entre elles. Pour la même raison, il n'est pas possible d'établir un ordre de relation à l'intérieur d'un noyau (pas de rapport hiérarchique entre les variables d'un noyau). Sur la base de ces règles, Ulysse peut détecter automatique les boucles de rétroaction. Enfin, l'ordre de relation entre un élément à l'intérieur du noyau et un autre à l'extérieur est égal à un 1 si le noyau est la racine du système (Figure a) et b)), ou bien  $i+1$ , si un élément du noyau a un prédécesseur avec une relation d'un ordre  $i$  (Figure c)).

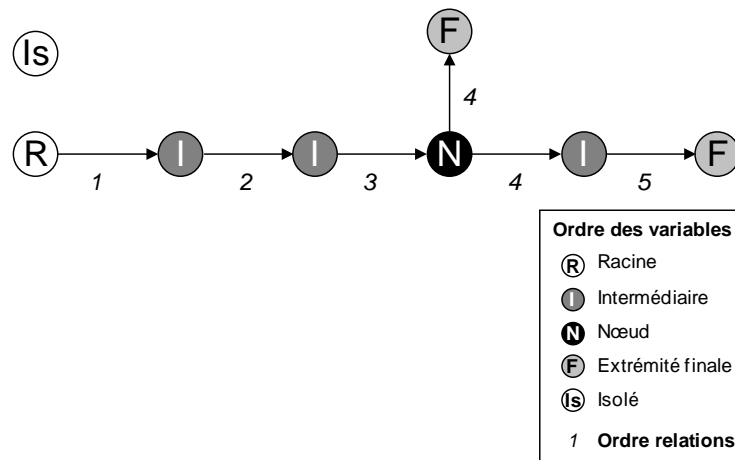


Figure 5 : Règles pour déterminer l'ordre des variables et des relations

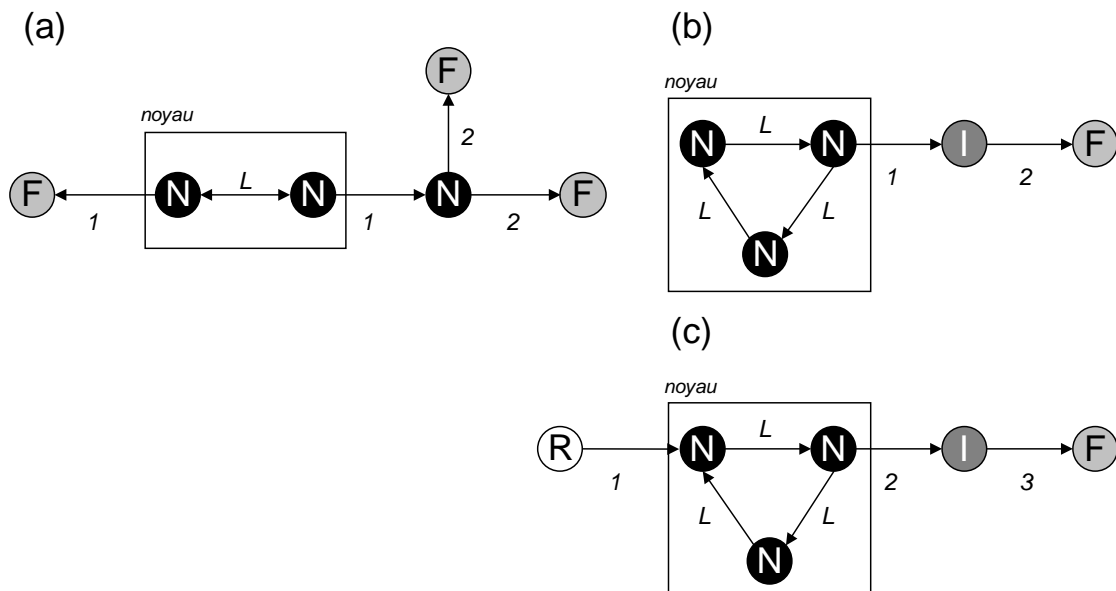


Figure 6 : Cas particulier des boucles de rétroaction (L : Loops)

### Importance des variables à travers le nombre de relations

L'analyse structurale a permis de définir le positionnement de chaque variable dans le système. L'importance stratégique de ces positions est à présent analysée en considérant le nombre de relations qu'une variable reçoit ou génère. A nombre élevé de relations révèle l'importance d'une variable de deux façons :

- Leviers d'action : un nombre élevé de relations partant d'une variable donnée (somme des colonnes de la matrice) confirme son importance comme levier d'action ou politique (par exemple *TIM* et *Mixité des affectations* à la Figure 13). En d'autres termes, une telle variable influence beaucoup d'autres variables. Une action pour modifier le phénomène mesuré par cette variable aura probablement des larges répercussions sur tout le système.
- Variables sensibles : mises en évidence à un travers un nombre élevé de relations reçues (somme des lignes de la matrice) (par exemple *Promotion économique*). Ces variables représentent les résultats les plus significatifs des actions entreprises.

La matrice de la Figure 13 peut également être représentée par le graphe causal suivant qui donne une vue plus explicite de la structure causale :

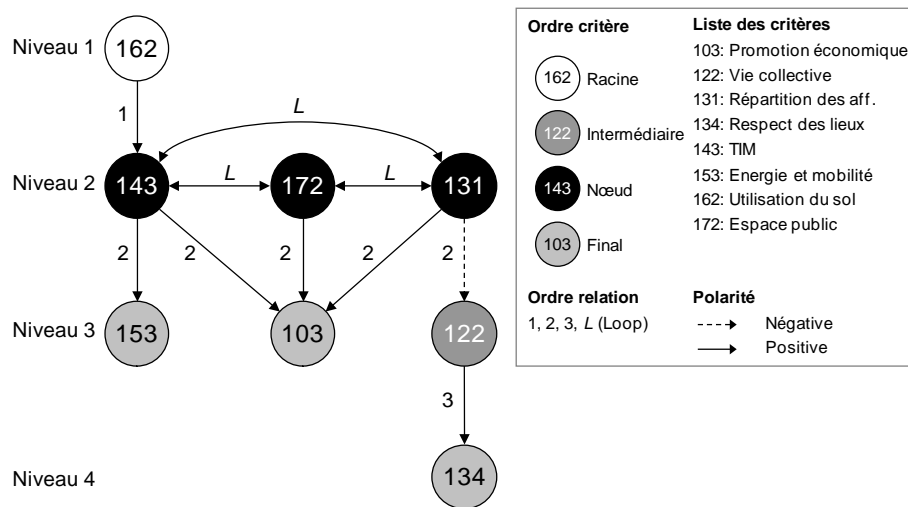


Figure 7 : Représentation graphique du modèle causal

Le mécanisme de ce modèle causal peut être expliqué de la façon suivante : la densification (162) constitue l'une des causes premières du système. Elle contribue à réduire l'utilisation du TIM (143) et indirectement la part d'énergie pour la mobilité (153). Le niveau 2 est constitué de plusieurs boucles de rétroactions (L) entre différents critères : une diminution de la part TIM favorise le développement d'espaces publics de qualité (172), à l'inverse de tels espaces vont encourager l'utilisation d'autres modes de transport ; des espaces de qualité (172) liées aussi à la part minimale des TIM vont rendre plus attractif le quartier pour le développement d'activités (131), et à l'inverse une mixité des affectation contribue au développement d'espaces mixtes et diversifiés ; le développement d'activités peut

contribuer à réduire la part TIM (si les travailleurs habitent le quartier). Ce mécanisme complexe va rendre plus attractif le quartier en termes de promotion économique (103). L'encouragement d'une vie collective du quartier (122) (identité, usage, rencontres) contribue à l'amélioration du respect des lieux (134). En revanche, comme discuté ci-dessus à propos des dynamiques contradictoires, une mixité des affectations et une présence de travailleurs non intégrés et impliqués dans le quartier peut, sous certaines conditions, entraver la vie collective du quartier.

## ANALYSE COLLECTIVE

L'analyse collective compare les modèles et identifie les éléments divergents et convergents des modèles construits individuellement par les acteurs : en quoi les acteurs sont d'accord ou non sur le fonctionnement d'un système. Une agrégation des modèles causaux est proposée pour donner une vision plus globale des différentes positions. Cette analyse vise à faciliter la discussion entre les acteurs : les éléments divergents mettent en évidence les aspects qui doivent être négociés ; les éléments convergents soulignent les zones de consensus.

### Comparaison des analyses contextuelles (étape 1)

Une telle comparaison montre combien chaque personne a une vision différente de la définition du problème initial. La Figure 17 montre une vue synthétique des différentes visions de la situation initiale, au travers d'une application de l'outil Ulysse dans le cadre du développement économique de trois provinces atlantiques du Canada<sup>1</sup>. Les éléments de comparaison au sein d'un groupe d'acteurs sont les suivants :

- Les variables les plus sélectionnées : les variables ayant été sélectionnées par le plus d'individus soulignent des enjeux significatifs (par ex. variables #125 et #151 sur la Figure 14). Au contraire, l'on peut se demander si des variables peu ou pas sélectionnées doivent être conservés dans le système (#134). Ainsi, une telle analyse permet de revoir la liste initiale de variables.
- Convergences et divergences d'opinions concernant les tendances souhaitées : est-ce que les individus ont les mêmes objectifs sur les variables ? Divergence évidente si un acteur souhaite maximiser une variable tandis qu'un autre souhaite la minimiser.
- Convergences et divergences d'opinions sur la situation initiale : divergence évidente si un acteur perçoit la situation d'une variable bonne, et un autre mauvaise (par exemple variable #102 au sein du groupe Prince Edward Island).

<sup>1</sup> Des économistes ont été interrogés, à travers l'interface Ulysse, dans chacune des trois provinces atlantiques (Nouvelle Ecosse, Nouveau Brunswick, L'île du Prince Edouard) pour décrire leur vision du développement régional. Cette application fait l'objet de l'article mentionné plus haut. L'analyse comparative permet d'étudier les divergences/convergences entre les experts d'une même province.

### Nova Scotia

Stakehold.	102	103	121	132	134	141	142	143	151	106	125
#63	Max	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
#65	Max	.	.	.	.	.	.	Max	.	Max	Max
#66	Max	Max	.	Max	.	.	Stb	.	Max	.	Max
#71	.	.	.	.	.	Max	.	Max	Max	.	.

### New Brunswick

Stakehold.	102	103	121	132	134	141	142	143	151	106	125
#73	Max	.	.	Max	.	Max	Max	Max	Max	Max	Max
#75	Max	Max	Max	Max	.	.	Max	Max	Stb	Stb	Stb
#84	Max	.	Max	Max	.	.	Max	.	Max	Max	Max
#96	.	Max	.	Max	.	Max	Max	Max	Max	Max	Max
#107	Max	Max	Max	.	.	Max	.	Max	Max	.	Max

### Prince Edward Island

Stakehold.	102	103	121	132	134	141	142	143	151	106	125
#88	Max	Stb	.	Stb	.	.	.	.	.	Stb	Max
#89	Stb	.	Stb	Max	.	.	.	Max	Stb	Max	.
#90	Max	.	Stb	.	.	Stb	Max	Max	Max	Max	Max
#92	Max	Max	Max	Max	.	Max	.	Max	Max	Max	Max
#93	.	Max	.	.	.	.	Max	.	Max	.	Max

<b>Initial situation</b>		<b>Trends</b>	
 Max	Good	Max	To maximize
 Average		Stb	To stabilize

Figure 8 : Analyse initiale du contexte du développement économique de trois provinces du Canada Atlantique (lignes : acteurs interrogés, colonnes : variables).

## Comparaison des modèles causaux

L'agrégation des modèles causaux par l'addition des matrices individuels au sein d'un groupe d'acteur constitue une aide très utile pour l'analyse des éléments décrits ci-dessous. La Figure 18 illustre le résultat de cette agrégation à partir des modèles de 5 acteurs dans le cadre de l'application au Canada.

- Relations : est-ce que les acteurs focalisent leur attention sur les mêmes domaines/thématiques ? Y a-t-il des relations communes entre deux variables ? Ainsi la variation d'intensité de couleur dans les cellules de la matrice symbolise combien les acteurs sont d'accord sur l'existence d'une relation (dans l'exemple, la plupart d'entre eux sont d'accord sur la relation 151 -> 132).
- Polarité : si les acteurs ont identifié la même relation, sont-ils d'accord sur sa polarité, ou y a-t-il des contradictions ? Ainsi, les colonnes de chaque variable sont dédoublées : la partie de gauche pour la polarité négative, la partie de droite pour la polarité positive. Si les deux parties sont remplies, il y a contradiction (par exemple, pour la relation 151->143).
- Structure causale et boucles de rétroaction. De façon similaire à la matrice individuelle à la Figure 15, la matrice agrégée est remplie d'indices correspondant aux ordres des relations. Cela permet en particulier de mettre en évidence les boucles de rétroactions (« L »), non perçues individuellement mais qui émergent à partir d'une intelligence collective du groupe.
- Leviers d'action et variables sensibles : est-ce que les acteurs perçoivent les mêmes leviers d'action et variables sensibles ? Les leviers sont mis en évidence par la somme des colonnes (par exemple, les variables #151, 106, 125), et les variables sensibles par la somme des lignes

(#132). Certaines variables constituent des nœuds importants du système étant à la fois leviers et axes sensibles (#142, 153).

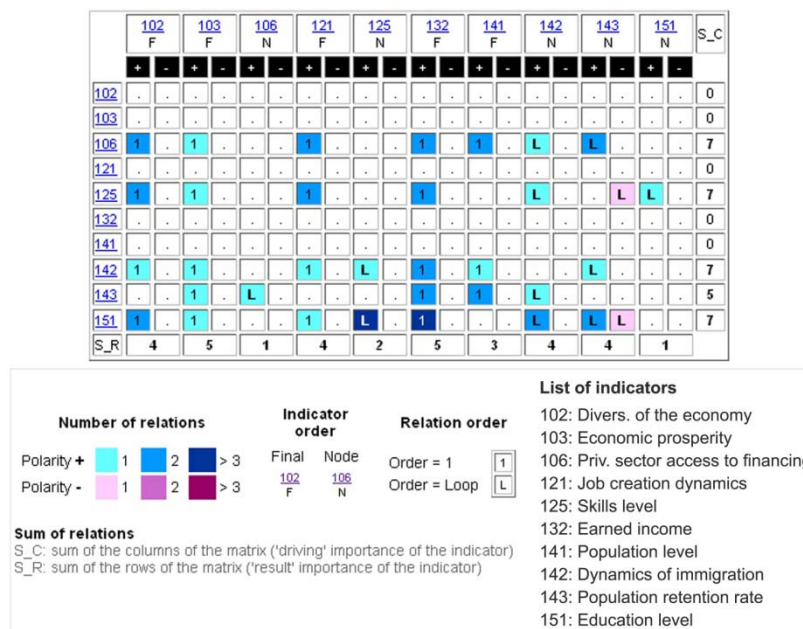


Figure 9 : Matrice agrégant les modèles causaux de 5 acteurs interrogés sur le développement d'une province atlantique (New Brunswick)

## 6 IDENTIFICATION DES VARIABLES CLEFS

L'étape finale de l'analyse est de déterminer quelles sont les variables clef du point de vue des acteurs d'un groupe. Cette question repose sur deux critères : (i) le nombre d'acteurs ayant sélectionné une variable ; (ii) si la variable est un levier d'action ou axe sensible. Combinant ces deux critères, nous pouvons proposer trois niveaux d'importance d'une variable :

- Variable clef qui ont à la fois été sélectionnées par beaucoup d'acteurs et qui sont identifiés comme leviers et/ou axes sensibles. A travers ces variables il est possible d'identifier les enjeux prioritaires.
- Variables importantes qui ont soit été choisis par beaucoup d'acteurs, soit identifiés comme leviers et/ou axes sensibles.
- Variables peu importantes qui ont été sélectionnés peu de fois et ne sont ni leviers, ni axes sensibles.

## 7 CONCLUSION : PERSPECTIVE POUR ECO-OBS

La question se pose de comment transposer un tel outil et le valoriser au sein de l'interface d'observation/évaluation des écoquartiers.

Comme on peut le voir à travers la description de l'outil en annexe, la modélisation causale peut devenir très lourde et fastidieuse si le nombre de variables est important (supérieur à 10-15). Ainsi, il sera préférable de limiter l'identification des interrelations entre les macro-critères de niveau 2. Cependant, à ce niveau les critères sont au nombre de 36 dans la version actuelle de la grille. Ce qui impliquera que l'utilisateur sélectionnera au début de l'exercice un nombre limité de ces critères. Autre possibilité, l'équipe de projet se met d'accord sur un échantillon significatif et pertinent de ces critères, dont la taille serait ainsi fixée.

La modélisation causale pourra être effectuée par des personnes indépendantes des projets d'écoquartiers évalués, dans le but d'exprimer un avis externe. Mais il sera également intéressant que les acteurs impliqués sur les projets puissent s'exprimer, pour ainsi comparer les modèles produits en fonction du contexte spécifique des projets et du profil des acteurs.

Enfin dans ses premières applications, l'outil, bien que développé sur Internet, a été utilisé dans le cadre d'entretiens. Cependant, avec la multiplication à venir des projets observés et des internautes utilisant l'interface, il sera nécessaire d'adapter l'outil pour le rendre facilement utilisable à travers Internet sans l'assistance d'un expert.



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1 :</b> Extrait de l'interface relevant le choix d'un sous ensemble de variables (critères), leur tendance désirée et la perception de leur état (situation) actuel ou planifié	p. 5
<b>Figure 2 :</b> Résumé de la situation initiale et identification des leviers	p.6
<b>Figure 3 :</b> Extrait de la matrice de saisie des relations causales	p.7
<b>Figure 4 :</b> Matrice des relations causales et résultats des analyses statistiques	p.8
<b>Figure 5 :</b> Règles pour déterminer l'ordre des variables et des relations	p.10
<b>Figure 6 :</b> Cas particulier des boucles de rétroaction (L : Loops)	p.10
<b>Figure 7 :</b> Représentation graphique du modèle causal	p.11
<b>Figure 8 :</b> Analyse initiale du contexte du développement économique de trois provinces du Canada Atlantique	p.13
<b>Figure 9 :</b> Matrice agrégeant les modèles causaux de 5 acteurs interrogés sur le développement d'une province atlantique	p.14



Avec le soutien de :



Avec la reconnaissance de :



Avec la participation de :



Pour de plus amples informations : <http://www.eco-obs.org>

PRIORITERRE  
30 Route des Creusettes  
F - 74330 POISSY

Téléphone: +33 (0)4 50 67 28 95  
anne-sophie.measure@prioriterre.org

CNRS—LOCIE

hepia-leea

Emmanuel DUFRASNES  
emmanuel.dufasnes@eco-obs.org

Gilles DESTHIEUX  
gilles.desthieux@eco-obs.org