

Aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement : une approche par les objectifs

Benjamin ROUSVAL* et Luc ADOLPHE**

* Lamsade, Université Paris IX/Lara, ICD (France)

** ENSAT-GRECAU, Toulouse cedex (France)

Résumé :

Nous présentons une méthode d'aide multicritère à l'évaluation et son expérimentation développées dans le cadre d'une thèse (Rousval) visant à contribuer au projet de recherche Prospectives et Indicateurs de l'impact des transports sur l'Environnement (Adolphe et al.) mené par l'Inrets et l'ENSAT.

Cette méthode consiste tout d'abord à explorer et décrire le système de valeurs d'un groupe de décideurs en distinguant les objectifs de finalité de ceux de moyen (Keeney). En modélisant ainsi les objectifs de finalité sous forme d'arborescence, on obtient le référentiel qui va permettre d'évaluer la situation environnementale. Il s'agit ensuite de construire des critères pour représenter chaque objectif. Chaque critère est muni de normes pour définir différents degrés d'atteinte de l'objectif. Enfin, en agrégeant les critères à tout niveau de l'arborescence, il est proposé une évaluation ordinale de chaque objectif. L'expérimentation proposée est l'évaluation de l'impact des transports au niveau urbain.

Les avantages de l'approche par les objectifs sont nombreux (simplicité, intelligibilité...). Cette méthode permet de passer de l'aide à la décision (comparaison entre actions) à l'aide à l'évaluation (adéquation d'une situation à un ensemble d'objectifs). Elle permet aussi l'union d'arborescences d'objectifs de différents décideurs. L'utilisation de la méthode d'agrégation Electre (Roy, Bouyssou) permet, entre autres, de limiter l'effet de compensation entre critères et de prendre en compte des données hétérogènes sans avoir à construire une échelle commune. Les seuils de discrimination permettent la prise en compte de l'incertitude, l'imprécision... En cela, la méthode est bien adaptée aux contextes thématiques ou politiques complexes (évaluation environnementale, aménagement ou démocratie participative...).

Trois utilisations de cette méthode sont possibles : construire un « indicateur environnemental global », supporter une démarche de « démocratie participative » ou servir d'outil d'évaluation pour un « suivi local et personnalisé ». Cette méthode a été implémentée dans une maquette logicielle que nous présentons.

Mots-clés : Évaluation, environnement, aménagement urbain, objectif, multicritère, Electre, démocratie participative.

Introduction

L'activité de transport a des conséquences tant économiques que sociales et environnementales. Si l'on s'intéresse aux effets à moyen et long terme des transports sur l'environnement, pour préserver la situation pour les générations futures en assurant le développement économique et social, on est exactement dans le cadre du développement durable. En conséquence, les nombreuses prises de décisions publiques concernant les transports entrent pleinement dans ce cadre. Face à cela, une demande de plus en plus forte provenant des acteurs entrant en jeu dans une démocratie participative (les élus ou responsables politiques, l'opinion publique et les représentants associatifs) témoigne du besoin d'outils permettant d'appréhender au mieux l'impact des transports sur l'environnement afin de considérer ces aspects conjointement aux aspects économiques et sociaux et répondre ainsi aux enjeux d'un développement durable des transports. Il s'agit avant tout d'une demande d'instrumentation afin d'aider à évaluer, de façon globale, l'impact des transports sur l'environnement.

Répondre à cette demande est une tâche très ambitieuse qui a donné, entre autres, naissance à un projet de recherche, le projet « Prospectives et Indicateurs Environnementaux » (PIE) [Pujol P., 2000, Maurin M., 2000 a] mené par le Laboratoire Transports et Environnement de l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (Inrets-Lte).

Une des raisons à l'origine de la demande d'instrumentalisation dont il est question dans le projet PIE est que, dans le domaine des transports et de l'environnement, les décideurs sont bien souvent confrontés à l'analyse de longs rapports d'experts mélangeant à la fois des informations descriptives, qualitatives et quantitatives. Ils ont alors une grande difficulté, d'une part à considérer chaque aspect dont il est question dans ces rapports, d'autre part à se forger une opinion globale. L'intelligibilité et l'agrégation de l'information sont donc souhaitées.

Les paniers d'indicateurs environnementaux sont nombreux. Ils diffèrent tant dans le nombre d'indicateurs qu'ils retiennent, que dans les buts pour lesquels ils sont construits. Pas ou peu d'applications proposent une agrégation des indicateurs, sauf dans le cas particulier où l'on souhaite synthétiser l'information en vue d'aider à décider entre plusieurs projets ou alternatives : elles entrent alors dans le cadre théorique de l'« aide multicritères à la décision ».

Cependant, on ne souhaite pas, ici, concevoir un outil dédié à un seul problème décisionnel, mais un outil permettant d'aider à évaluer une ou des situations. Un enjeu théorique est donc d'utiliser les différents concepts fondateurs des méthodes d'aide multicritère à la décision pour tenter de proposer une aide à l'évaluation qui permette l'agrégation multicritère. C'est ce que nous entendons par « aide multicritère à l'évaluation ».

1 – Aide multicritère à l'évaluation

L'évaluation

Dans [Rousval B., 2005], la définition suivante de l'évaluation est proposée : « L'évaluation est un processus qui vise à quantifier et/ou qualifier un système grâce à toute information nécessaire à la construction de critères permettant d'appréhender au mieux l'atteinte de l'ensemble des objectifs concernant ce système et jugés pertinents dans le cadre d'une activité plus large, mais préalablement identifiée ». Ce processus, représenté dans la Figure 1, englobe les cinq étapes suivantes, qui font intervenir différents acteurs :

- définir le système à évaluer,
- décliner un système de valeurs à travers des objectifs,
- sélectionner les critères mesurant l'atteinte des objectifs,
- évaluer les performances sur les critères,
- consulter les résultats de l'évaluation.

Cette façon d'envisager l'évaluation prend place dans le modèle de pensée « évaluation-gestion ». Elle est une approche de rationalisation par les objectifs qui tient compte de la distinction fin-moyen pour structurer les objectifs. La seconde étape du processus d'aide à l'évaluation consiste à décliner le système de valeurs du décideur à travers des objectifs afin de construire le référentiel de l'évaluation. C'est cette étape que nous détaillons dans la section suivante.

Structuration des objectifs

Dans la littérature sur les méthodes d'aide à la décision, notons tout particulièrement les travaux de [Keeney R.L., 1992]. Dans « Value-focused thinking » l'auteur propose une approche des problèmes d'aide à la décision en se focalisant sur les valeurs du (ou des) décideur(s). Cette approche s'appuie sur la déclinaison des objectifs reflétant le système de valeurs du décideur et paraît donc utilisable dans notre contexte.

Pour diverses raisons, [Rousval B., 2005] propose, dans un premier temps, de ne considérer uniquement que les objectifs de fin pour construire le référentiel de l'évaluation d'un système. Selon [Keeney R.L., 1992], un objectif de fin est décomposable. En effet, « limiter l'encombrement du trafic routier » peut se décomposer par exemple en deux sous-objectifs : « limiter l'encombrement du trafic routier dans les villes » et « limiter l'encombrement du trafic routier en dehors des villes ». Ces deux objectifs sont deux facettes de l'objectif plus général « limiter l'encombrement du trafic routier ». Ils sont aussi objectifs de fin mais d'un niveau plus bas. Ces nouveaux objectifs de fin de plus bas niveau peuvent à leur tour être décomposés en objectifs de fin de plus bas niveau, jusqu'au moment où ils ne seront plus décomposables. À l'inverse, plusieurs objectifs de fin peuvent être regroupés au sein d'un même objectif s'ils sont diverses facettes d'un même objet plus général. Après un travail d'interview auprès de décideurs en charge au niveau urbain, [Rousval B., 2005] obtient une arborescence synthèse représentée de manière simplifiée dans la Figure 2. Cette arborescence présente un ensemble d'objectifs qui se décomposent en sous-objectifs. Pour plus de détail, le lecteur peut se référer à [Rousval B., 2005].

But de l'aide multicritère à l'évaluation

Ne perdons pas de vue qu'il s'agit ici de contribuer à la conception d'un outil permettant d'appréhender l'impact des transports sur l'environnement. La diversité des nuisances, l'hétérogénéité de la nature des données qui représentent ces nuisances, la diversité des échelles d'observation (spatiales et temporelles), le besoin d'une information synthétique, font que l'outil ne pourra pas se passer d'utiliser une méthode d'agrégation multicritère. Les principales méthodes multicritère permettant d'agrèger l'information ont été développées pour faire de l'aide à la décision. Les préoccupations de ce cadre théorique sont de mettre en avant la ou les meilleures décisions à prendre parmi celles identifiées et cela par rapport aux préférences des décideurs. Mais, ici, la problématique est différente. On ne se préoccupe pas des décisions possibles. Il s'agit d'évaluer une ou des situations environnementales relativement à un ensemble d'objectifs concernant l'état environnemental. À partir d'un ensemble d'objectifs prédéfinis, d'un référentiel, les buts de l'aide multicritère à l'évaluation d'un système peuvent être finalement de :

- faire le constat, le diagnostic de l'état d'un système,
- communiquer avec transparence sur l'état d'un système,
- instaurer le dialogue et aider à la concertation,
- faciliter la négociation concernant les objectifs à retenir,
- sur une base commune d'objectifs, comparer un système avec un autre,
- réaliser le suivi de l'évolution d'un système au cours du temps,
- contrôler les dérives par rapport aux objectifs,
- identifier les faiblesses d'un système,
- alerter,
- révéler certains problèmes,
- faire apparaître de nouveaux enjeux décisionnels,
- prévoir l'évolution de l'état du système,
- anticiper les conséquences de certaines prises de décisions,
- comparer plusieurs scénarii.

2 – Principe d'agrégation

Un enjeu théorique est d'utiliser certains concepts fondateurs des méthodes d'aide multicritère à la décision pour tenter de concevoir une « aide multicritère à l'évaluation » qui permette l'agrégation. L'agrégation apparaît donc comme centrale. Or, en aide multicritère à la décision, il existe deux grandes familles de méthodes d'agrégation [Roy B, Bouyssou D., 1993] :

- méthodes se ramenant à un critère unique de synthèse (monétarisation, analyse coût-bénéfices, utilité, utilité espérée, somme pondérée, ...)
- méthodes ne se ramenant pas à un critère unique de synthèse (principalement les méthodes de type Electre [Roy B., Bouyssou D., 1993], mais aussi PROMETHE [Brans J.P., Mareschal B., Vincke P., 1984]...).

Dans la pratique, les méthodes les plus répandues utilisent un critère unique de synthèse. Mais cela est très critiquable (totale compensation, pas de prise en compte de l'incertitude et l'imprécision des données...). Les résultats obtenus avec les méthodes de type Electre semblent plus pauvres. Cependant, ces dernières permettent de rendre compte de certaines situations apparemment ambiguës (incomparabilité, préférences et indifférences intransitives) mais qui sont la traduction de cas auxquels peuvent être confrontés les décideurs. Un autre avantage de la famille des méthodes de type Electre est le caractère non totalement compensatoire de l'agrégation multicritère. De plus, à aucun moment il n'y a de transformation d'échelle permettant de ramener à un critère unique de synthèse, une famille de critères prenant des valeurs de nature a priori hétérogènes. Les poids attribués à chaque critère sont complètement indépendants de l'échelle du critère en question. La présence de seuil de veto est un moyen supplémentaire de maîtriser le danger de la compensation en sanctionnant des écarts trop importants sur des critères dont les aspects peuvent être plus sensibles. Enfin, les méthodes de type Electre permettent (notamment grâce à l'introduction des seuils d'indifférence et de préférence) d'introduire la notion de flou afin de distinguer dans les différentes échelles du modèle, les écarts de préférence pertinents et significatifs de ceux qui ne le sont pas tout en prenant en compte le degré d'incertitude et d'imprécision des données. Or, les « indicateurs d'impacts » sont bien souvent entachés d'incertitude et/ou d'imprécision. Cela renforce donc l'intérêt d'utiliser une méthode de type Electre dans notre contexte de l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement.

Concernant la modélisation, les méthodes de type Electre nécessitent de fixer un nombre important de paramètres tandis que les méthodes d'agrégation en critère unique de synthèse nécessitent « simplement » la construction des fonctions de transformation servant à convertir toutes les données sur une échelle unique. Cependant, il est illusoire de croire en cette « simplicité » si tant est que l'on souhaite faire une modélisation rigoureuse, car la tâche de construction de ces fonctions de transformations doit alors être extrêmement fine. Il faut en effet tenir compte à la fois de considérations liées à la nature de chaque critère, mais aussi liées à la famille de critère. Séparer les étapes de modélisations en augmentant le nombre de paramètres (cas des méthodes de type Electre) peut simplifier la tâche de modélisation même s'il paraît alors difficile pour des personnes non averties de bien comprendre et interpréter le sens de ces paramètres. Notons que, dans un contexte d'aide à l'évaluation où plusieurs acteurs sont amenés à participer à la modélisation avec différents rôles (expert ou évaluateur), augmenter le nombre de paramètres peut alors permettre de bien séparer les rôles de chacun à condition de bien identifier « qui doit faire quoi ».

Pour toutes ces raisons, et sous certaines conditions, nous préconisons d'agréger les critères en utilisant Electre (ici, dans sa version « Tri », qui affecte à une catégorie prédéfinie) pour ce contexte d'aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement.

Mais, l'agrégation peut contribuer tant à introduire de la clarté dans la présentation des résultats, rendus de fait plus condensés et synthétiques, qu'à introduire de l'opacité concernant les règles, méthodes, paramètres, que l'agrégation utilise pour synthétiser les résultats. Agréger contribue donc à deux phénomènes antagonistes :

- simplifier la lisibilité des résultats,
- nuire à la transparence de ces mêmes résultats.

[Rousval B. 2005] propose de réaliser autant d'agrégations que d'objectifs. Autrement dit, à chaque objectif de l'arborescence, il s'agit d'affecter le système évalué à une catégorie et cette affectation sera réalisée en prenant en compte tous les critères issus de la décomposition de cet objectif. Cette façon d'évaluer à tous les nœuds de l'arborescence offre la possibilité de parcourir la hiérarchie d'objectifs en consultant, à chaque niveau, le résultat agrégeant tous les critères directement ou indirectement rattachés à l'objectif en question. En partant par exemple de la racine de l'arborescence, l'évaluant pourra alors naviguer dans la hiérarchie pour descendre jusqu'aux objectifs non décomposables et remonter à sa guise tout en consultant à chaque niveau un résultat agrégé. Une telle fonction semble pallier l'antagonisme entre simplicité du résultat et transparence en rendant possible l'alternance de phases d'agrégation de l'information (remontée dans l'arborescence d'objectifs) et de désagrégation (descente dans l'arborescence) lors de la consultation des résultats.

3 – Contexte de mise en œuvre d'un tel outil

[Rousval B., 2005] propose d'organiser la navigation dans l'outil autour de sept processus :

- définition du système évalué,
- définition de la structure des objectifs,
- sélection et pondération des objectifs,
- définition des critères,
- définition des catégories,
- évaluation des performances,
- consultation des résultats.

Tous ces processus ne seront pas forcément disponibles selon le contexte. Trois modes d'utilisation sont donc proposés selon le contexte :

- mode figé, « indicateur environnemental global » : construire un indicateur global concernant les transports dont la vocation est de qualifier la situation environnementale d'une ville, d'une région ou d'un pays afin de comparer différentes villes, régions ou pays, afin de communiquer.
- mode semi-ouvert, « démocratie participative au niveau de l'agglomération » : disposer d'un outil permettant d'appréhender la situation environnementale en support à la mise en place et au suivi d'une politique de transports au niveau d'une agglomération dans un contexte de démocratie participative (élus, public et acteurs économiques),
- mode ouvert « suivi local et personnalisé » : disposer d'un outil de suivi afin que l'utilisateur soit à même de se forger une opinion personnelle concernant l'impact des transports sur l'environnement d'un sous-ensemble géographique.

Si l'on souhaite, par exemple, construire un indicateur environnemental global permettant la comparaison de villes (l'exemple de l'indice Atmo si on restreint l'environnement à la qualité sanitaire de l'air), il ne faut pas permettre aux responsables des différentes agglomérations de modifier les paramètres du modèle d'évaluation (critères, seuils, poids...). Si tel était le cas, une même valeur de l'indicateur n'aurait pas la même signification d'une ville à l'autre. Chaque mode d'utilisation implique alors différents niveaux de disponibilité des fonctions. Le tableau 1 propose des combinaisons et rappelle quels sont les acteurs

concernés par le processus en question. Bien entendu, les personnes qui joueront le rôle de l'évaluant ne seront pas les mêmes si on souhaite construire un indicateur global ou si on souhaite disposer d'un outil pour un suivi local et personnalisé. Il en est de même pour le rôle des experts qui ne sera pas représenté par les mêmes personnes selon le contexte. Le tableau 2 illustre comment le mode d'utilisation permet d'adapter l'aide à l'évaluation aux trois contextes que nous avons proposés et donne un exemple de personnes pour chaque catégorie d'acteurs.

Pour le contexte « indicateur environnemental global », en mode figé, l'évaluant pourra être un collègue d'experts ayant une vision globale des problèmes environnementaux liés à l'activité des transports. En revanche, le rôle de l'expert pourra être endossé par un ensemble de personnes chacune spécialisée dans une thématique environnementale. Dans ce contexte, les experts et l'évaluant contribueront chacun au paramétrage de l'outil en définissant le référentiel servant à l'évaluation (objectifs, poids, critères, seuils, ...). Le mode d'utilisation figé semble alors convenir le mieux pour ce genre d'outil, afin de ne pas permettre aux utilisateurs de modifier tout ou partie de ce référentiel. Avec un référentiel (objectifs, poids, critères, catégories, seuils...) invariant (ou variant peu et peu souvent), les comparaisons de situations auront davantage de signification (on peut par exemple imaginer pour ces faibles variations, de mettre en ligne sur Internet, des mises à jour à télécharger). Ainsi, mis en œuvre dans une ville, cet outil permettra la définition du système évalué, la saisie des performances et la consultation des résultats. Les utilisateurs pourront finalement être très peu experts en environnement, l'expertise étant déjà incluse dans l'outil par le biais de divers paramètres. De plus, pour ces mêmes raisons, ce genre d'outil pourrait être mis à la disposition de personnes non familiarisées avec la modélisation multicritère. Ainsi, l'accompagnateur, l'expert en modélisation que nous nommerons l' « homme d'étude » en référence à [Roy B., Bouyssou D, 1993], interviendra principalement dans la phase de paramétrage avec l'expert et l'évaluant.

Au contraire, dans le cadre d'une « démocratie participative au niveau de l'agglomération », en mode semi-ouvert, il est souhaitable de laisser plus de liberté aux utilisateurs. Seuls les processus de « définition de la structure d'objectifs », de « définition des critères » et de « définition des catégories » ne seront pas disponibles : ils feront l'objet d'un paramétrage préalable. Ces paramètres seront fixés par l'expert qui pourra, dans ce cas, être un collègue d'experts spécialisés dans les différentes thématiques environnementales. En mode semi-ouvert, en plus des processus de « définition du système évalué » de « saisie des performances » et de « consultation des résultats », les utilisateurs pourront donc « sélectionner et pondérer les objectifs » à leur disposition dans la hiérarchie. Ainsi, la concertation et la communication autour des objectifs retenus et de leurs poids pourront avoir lieu en mettant en scène les différents protagonistes jouant le rôle de l'évaluant qui pourront en l'occurrence être les élus, le public et les acteurs économiques (ceux de la démocratie participative). La concertation et la communication pourront s'appuyer sur les résultats de l'évaluation de la situation en question. Les utilisateurs auront donc une certaine liberté pour faire varier le référentiel de l'évaluation (objectifs et poids), sans pour autant avoir de connaissances d'experts ni être trop familiarisés avec la modélisation multicritère (pas besoin de savoir construire un critère, définir une catégorie, déterminer les valeurs des seuils). Ainsi, l'homme d'étude aura un rôle non négligeable lors de l'utilisation de l'outil dans ce contexte.

Enfin, pour un suivi local et personnalisé, le dernier mode proposé (mode ouvert), laisse libre les utilisateurs de définir le référentiel de l'évaluation (objectifs, critères, seuils, poids, catégories...) à leur guise. Les résultats produits par un tel outil d'aide à l'évaluation n'engagent donc qu'eux. Une bonne connaissance des thématiques est alors requise pour les personnes jouant le rôle de l'expert, comme par exemple les conseillers techniques d'un élu. L'homme d'étude doit alors superviser toutes les phases de la modélisation multicritère qui sont des fonctions disponibles. L'évaluant, l'élu est de son côté parfaitement libre de créer ses propres objectifs. En définitive, un tel mode d'utilisation d'outil n'est pas destiné à la communication, mais est plutôt le support au suivi personnalisé d'une situation par un élu.

Conclusion

Le projet « Prospectives et Indicateurs Environnementaux » mené par l'Inrets est ambitieux. Nous proposons certaines orientations méthodologiques et techniques pour la mise en œuvre d'un outil

permettant l'agrégation multicritère de l'impact des transports sur l'environnement. Les perspectives d'utilisation de l'outil dont il est question dans ce texte semblent assez ouvertes et nous avons envisagé trois modes d'utilisation. Notons finalement, que l'aide multicritère à la décision proposée ici, peut tout à fait être envisagée dans des domaines complètement différents comme la gestion, le suivi de politiques, le contrôle.

Références

Brans J.P., Mareschal B., Vincke P., (1984) PROMETHEE: a new family of outranking methods in multicriteria analysis, Brans J.P. Ed, conférence IFORS'84, Washington.

Pujol P., (2000) Prospective et Indicateurs d'impact des transports sur l'Environnement : outils d'évaluation et d'aide à la décision - Enquête utilisateur, Inrets, Bron.

Maurin M., (2000), L'agrégation des indicateurs de l'environnement, quelques premières réflexions, Inrets, Bron.

Keeney R., (1992), Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking. Harvard University Press, Cambridge.

Rousval B., (2005): Aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement. Université Paris IX Dauphine, thèse de doctorat, Paris.

Roy B., Bouyssou D., (1993) : Aide multicritère à la décision : méthodes et cas. Economica, Paris.

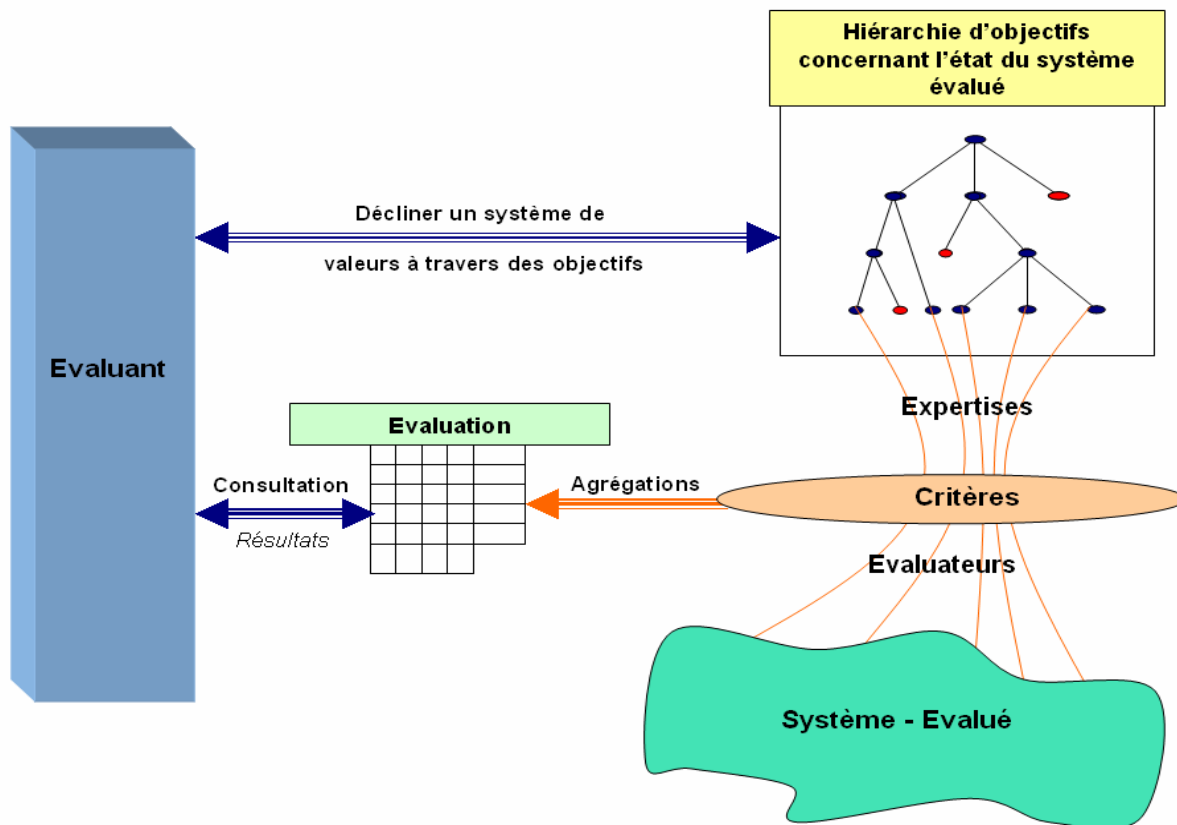


Figure 1 : Le processus d'aide à l'évaluation [Rousval B., 2005]

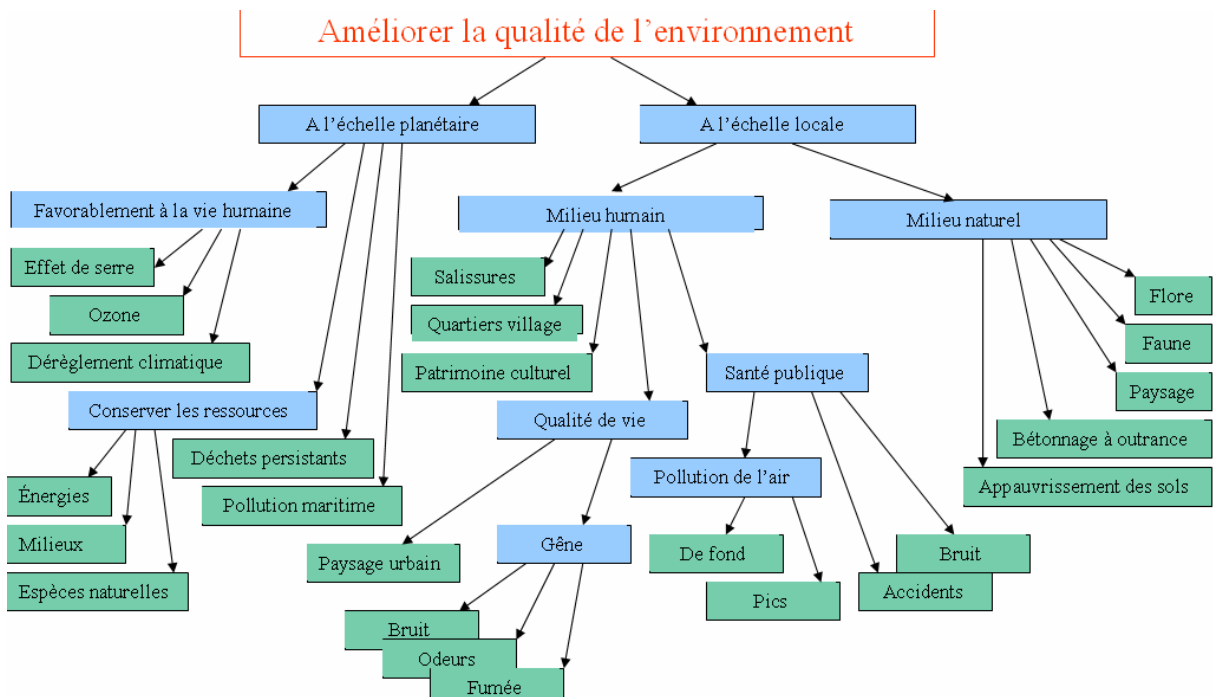


Figure 2 : « Arborescence d'objectifs de fin : référentiel pour l'évaluation [Rousval B., 2005] »

Contexte	Évaluateur	Experts	Mode d'utilisation
Indicateur environnemental global	Collège d'experts, vision globale	Collège international d'experts, par thématique	Figé
Démocratie participative au niveau de l'agglomération	Élus, public, acteurs économiques	Collège national d'experts, par thématique	Semi-ouvert
Suivi local et personnalisé	Un élu	Conseillers techniques de l'élu	Ouvert

Tableau 1 : « Trois contextes illustratifs [Rousval B., 2005] »

Processus	Modes d'utilisation			Acteurs
	Ouvert	Semi-ouvert	Figé	
Définition du système évalué	Disponible	Disponible	Disponible	Évaluateur
Définition de la structure d'objectifs	Disponible	Non disponible	Non disponible	Évaluateur et experts
Sélection et pondération des objectifs	Disponible	Disponible	Non disponible	Évaluateur
Définition des critères	Disponible	Non disponible	Non disponible	Experts
Définition des catégories	Disponible	Non disponible	Non disponible	Experts
Évaluation des performances	Disponible	Disponible	Disponible	Automatisé/Experts
Consultation des résultats	Disponible	Disponible	Disponible	Évaluateur

Tableau 2 : « Disponibilité des processus, modes d'utilisation, acteurs [Rousval B., 2005] »

Table 2: « Process availability, use cases, actors »