

PRÉSENTATION D'UN SYSTÈME-EXPERT «FLOU» POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT LOCAL

Sophie de RUFFRAY

C.R.I.E.S.

Université de Metz

Résumé

L'objectif est de présenter la réalisation d'un système-expert comme outil d'aide à la décision en insistant sur les fondements spatiaux et temporels du développement local sur lesquels repose le système-expert, l'intérêt et les limites d'une approche système-expert pour l'aide à la décision en gestion spatiale, la double spécificité d'un tel outil qui tient compte à la fois des contraintes liées à l'espace en général et des problèmes engendrés par la micro-échelle.

Pour respecter l'ensemble de ces contraintes, il s'agit de définir et d'explicitier le concept d'espace géographique, de formaliser rigoureusement les connaissances qualitatives et quantitatives liées à ce micro-espace en faisant appel à la logique floue et de présenter des modèles d'évaluation pour l'aide au diagnostic d'une action de développement local.

Mots Clés

Aide à la décision - Développement local - Logique floue - Système-expert

Cet article présente la démarche conceptuelle, réalisée dans le cadre d'une thèse, démontrant l'intérêt et la nécessité d'un système-expert spécifique pour la mise en œuvre d'une politique de développement local.

Le développement local est un thème d'actualité auquel un certain nombre d'aménageurs ont apporté leur contribution en proposant une définition et ses implications.

En ce qui nous concerne, le développement local d'un espace vise à créer, établir, maintenir ou restaurer une dynamique globale en vue d'un double objectif :

- assurer l'équilibre interne de cet espace ;
- assurer l'intégration harmonieuse et équilibrée de cet espace avec son environnement.

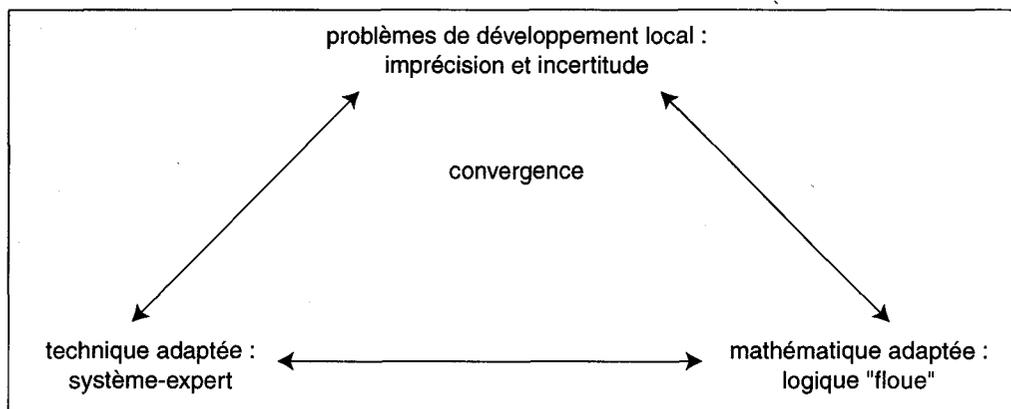
Il en résulte trois caractéristiques majeures interdépendantes qui forment une «heuristique spatiale», teintées de deux vecteurs que sont l'imprécision et l'incertitude, dont l'aménageur doit tenir compte même si cela complique son travail. En effet :

- le développement local correspond à une micro-échelle spatiale ;
- il présente une échelle temporelle très aléatoire pour l'avenir qui rend inopérante les probabilités ;
- et enfin, il nécessite la prise en compte, du fait de l'échelle humaine de l'action, d'informations qualitatives et quantitatives.

Pour respecter cette situation d'imprécision et d'incertitude spécifique au développement local, il est nécessaire d'élaborer un outil d'aide à la décision spécifique qui fait appel (fig. 1) :

- à une technique particulière, les systèmes-experts, connus pour leurs capacités à résoudre les problèmes de diagnostic, de planification et de gestion et pour leurs avantages dans le traitement des informations qualitatives et quantitatives ;
- à une mathématique adaptée, la logique « floue ».

Figure 1 : Convergence entre les problèmes de développement local, une technique et une mathématique



L'objectif est de proposer un *système-expert « flou »* qui répond à la spécificité et aux vecteurs d'imprécision et d'incertitude du développement local. Nous présentons l'architecture spécifique et le fonctionnement général du prototype.

1. La spécificité d'un système-expert « flou »

La spécificité du système-expert « flou » est marquée par le choix de la conception de l'espace géographique « flou » [2], par l'écriture unifiée des connaissances qualitatives et quantitatives et enfin par l'élaboration d'un modèle sémantique d'évaluation.

1.1. Le « flou » et l'espace : la notion de « voisinage flou »

La notion de « voisinage flou » fait appel à la topologie, et plus précisément à la topologie floue. Elle a pour principe de pouvoir faire bénéficier une unité spatiale donnée, de certaines caractéristiques des unités spatiales de son environnement géographique, proche et lointain.

1.1.1. Les contraintes de l'espace géographique flou pour la gestion de l'espace

Dans l'approche préconisée qui part d'un constat propre à la recherche opérationnelle « soft », nous retenons la nécessité, pour optimiser l'efficacité d'une décision d'action sur une unité spatiale (une commune par exemple) de tenir compte de l'environnement géographique dans lequel elle est insérée et dont elle partage plus ou moins les caractéristiques géographiques.

En effet, prenons l'exemple de l'installation d'un cinéma dans une commune. La clientèle émane de la commune propre mais aussi des communes voisines, en fonction des moyens de transport, de la concurrence et de l'attrait du cinéma. Ce dernier participe donc à la fois aux caractéristiques de la commune dont il fait entièrement partie mais aussi, à des degrés divers, aux caractéristiques des communes voisines.

Dans la démarche d'aide à la décision, nous chercherons à garder et à tenir compte de cette spécificité, au sein du système-expert, dans la mesure où elle correspond à la réalité.

En conséquence, nous considérerons que chaque unité spatiale est en fait intégrée dans un « espace flou » dont elle partage (à des degrés divers) les caractéristiques, en même temps d'ailleurs que cet environnement participe plus ou moins des caractéristiques de l'unité considérée.

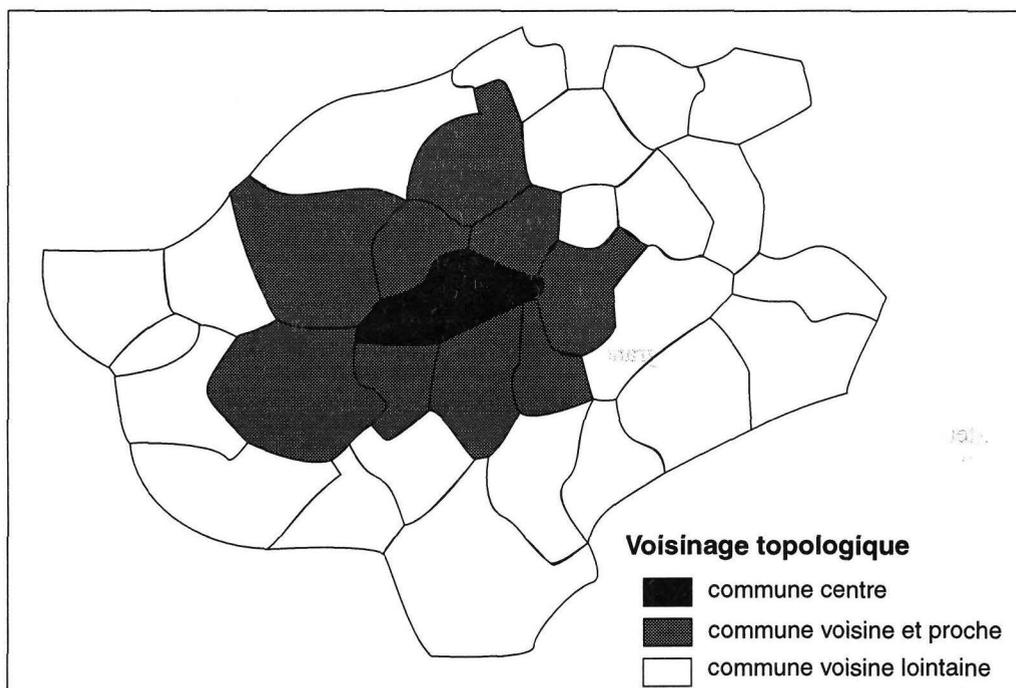
1.1.2. La notion de « voisinage flou »

Compte tenu de la définition et des caractères induits de l'espace géographique flou, celui-ci constitue un ensemble organisé en niveaux successifs et hiérarchisés d'unités spatiales de taille et de complexité croissantes. Il s'agit ici de réaliser « l'intégration » d'une unité spatiale dans l'ensemble des unités et de « faire bénéficier » cette unité, de certaines caractéristiques de son environnement géographique.

La notion de voisinage flou est basée sur trois axiomes :

- Un espace géographique est un groupe d'unités spatiales. Chacune d'elles est définie par ses coordonnées en fonction d'un espace référentiel et par ses caractéristiques, comme des variables quantitatives ou/et des attributs sémantiques.
- Chaque caractéristique d'un espace géographique a un impact plus ou moins important qui traduit le fait qu'il influence l'endroit concerné et son environnement (par exemple, l'influence de la citadelle de Bitche, dans le Bitcherland permet à bon nombre de touristes de profiter de la qualité de l'offre touristique du Pays de Bitche).
- La personnalité globale d'une commune est provoquée par ses propres caractéristiques mais aussi celles de son environnement proche ou lointain.

Figure 2 : Voisinage « flou » de la commune centre (d'après C. Rolland-May)



Dans notre exemple, il est possible d'insérer la commune centre dans un ensemble de couronnes plus ou moins larges. Comme le montre la figure 2, la commune représente le « cœur » de l'ensemble ; les communes voisines proches ou lointaines en représentent les « franges ». Ainsi, la commune doit être définie par ses propres caractéristiques mais on pourra lui associer les caractéristiques de son voisinage flou dans la mesure où celles-ci ont un impact spatial important.

1.2. Le « flou » des connaissances : écriture unifiée des connaissances qualitatives et quantitatives

L'imprécision cognitive concerne les connaissances qui consistent non seulement en informations quantitatives précises, mais également en un ensemble d'informations imprécises ; en effet, la plupart des connaissances spatiales

sont mal ou incomplètement définies par des facteurs qualitatifs, des expressions linguistiques, des approximations non directement quantifiables.

Pourtant, pour répondre aux problèmes de l'aide à la décision, le système-expert doit être capable de traiter outre des informations quantitatives, des informations énoncées en langage naturel, exactement comme le fait un expert ou plus concrètement un agent de développement local. Ainsi, le processus d'aide à la décision ne doit pas être alimenté abusivement par des données numériques. Du fait qu'il sollicite de la part des décideurs des tâches concrètes de raisonnement dans un environnement humain, il doit s'appuyer sur des évaluations plus ou moins bien exprimées, sur des appréciations subjectives et des connaissances incertaines.

En d'autres termes, l'aide à la décision requiert autant des informations quantifiées ou quantifiables que des informations qualitatives, difficilement formalisables en termes quantitatifs. Dans le cadre de notre système-expert, il s'agit donc :

- de définir une écriture unifiée de l'ensemble des connaissances (qu'elles soient quantitatives ou qualitatives),
- de pouvoir les traiter,
- et enfin de pouvoir les comparer à des «modèles».

Prenons l'exemple de la population des «plus de 60 ans».

L'agent de développement local ou le maire, à la demande du système, doit entrer les caractéristiques de la population des « plus de 60 ans » de sa commune et des communes environnantes et peut, selon son choix saisir :

- une valeur numérique,
- un intervalle de données,
- ou un terme linguistique (faible, moyenne, importante, très importante...).

Il s'agit alors de formaliser et de traiter en une écriture unifiée des données quel que soit le mode de saisie.

Plus généralement, compte tenu des caractères de l'espace flou, les connaissances relatives à cet espace revêtent, elles aussi, un caractère d'imprécision et d'incertitude. Faisant appel à la théorie des possibilités [1], il nous est possible de formaliser des connaissances spatiales imprécises, exprimées en langage naturel (appelées variables linguistiques), dont la qualité et/ou l'intensité plus ou moins grande sont énoncées par des termes déclaratifs.

Nous expliciterons successivement les notions d'alphabet linguistique, de support de la variable linguistique et de fonction de possibilité.

1.2.1. L'alphabet linguistique

Selon C. Rolland-May [5], dans un espace référentiel noté E, il existe un certain nombre de variables linguistiques. Chacune d'entre elles, par exemple « la population des plus de 60 ans » peut être définie par son alphabet composé de quatre termes linguistiques :

- faible,
- moyenne,
- importante,
- très importante.

1.2.2. Le support de la variable linguistique

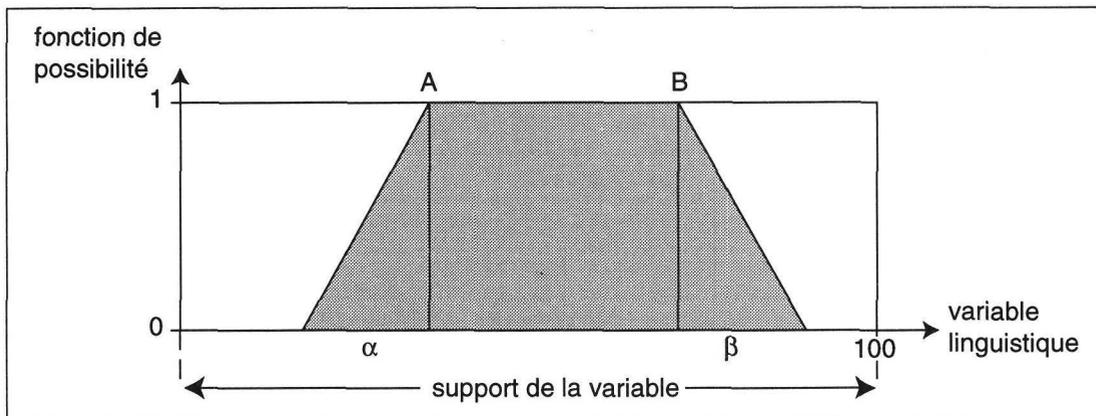
A partir de la théorie des possibilités, qui offre un cadre formel particulièrement adapté à la représentation de ce type de connaissance, on peut définir le support de la variable, c'est-à-dire, l'intervalle de la droite des réels dans lequel sont prises toutes les valeurs possibles que le chercheur pourra attribuer à la variable linguistique, compte tenu de ses connaissances propres et des travaux réalisés par ailleurs. D'une manière générale, l'intervalle est normalisé et le plus souvent défini par les bornes [0,100].

Si la variable n'est pas normalisée, le support est défini par l'intervalle [MIN,MAX], où MIN est la plus petite valeur possible définie par le chercheur, et MAX, la plus grande valeur possible définie par le chercheur.

1.2.3. La fonction de possibilité

De même, on peut aussi définir la fonction de possibilité Π_{ik} de chaque terme linguistique utilisé, qui associe à chaque valeur du support de la variable, la possibilité qu'a cette valeur d'appartenir à ce terme (fig. 3) :

Figure 3 : Représentation de la fonction de possibilité d'un terme d'une variable linguistique (selon C. Rolland-May)



Cette fonction est considérée comme :

- maximale dans l'intervalle [A,B] du support. Si ce maximum est égal à 1, alors la variable linguistique est dite normalisée ;
- linéaire et croissante à gauche de cet intervalle, soit dans l'intervalle [A- α ,A], avec (A- α ,A) \geq 0 ;
- linéaire et décroissante à droite de [A,B], soit dans l'intervalle [B,B+ β], avec (B+ β) \leq 100 ;
- nulle dans [0,(A- α)] et dans [(B+ β),100].

Une fois normalisée, il en résulte que chaque terme t_k d'une variable linguistique V sera défini par sa fonction de possibilité Π_{ik} et que celle-ci sera résumée par son profil sémantique, à savoir le quadruplet (A,B, α , β).

On notera $P_{ik} = (A,B,\alpha,\beta)$

sachant que «A» et «B» signifient respectivement «abscisse de A sur le support de la variable» et «abscisse de B sur le support de la variable».

1.2.4. Exemple pour la variable « population de plus de 60 ans d'une commune »

Dans le système-expert, quel que soit le mode de saisie de chacune des variables, on adopte une écriture unifiée. Reprenons l'exemple de la population des « plus de 60 ans ». Le maire ou tout autre décideur choisira de rentrer le nombre exact des « plus de 60 ans » de sa commune, dont il aura une connaissance précise. Mais il pourra préférer un intervalle ou même un terme linguistique (parmi la liste proposée) pour qualifier les communes voisines. Ainsi, n'importe quelle variable nécessaire au diagnostic du système-expert pourra être traitée, qu'elle soit purement qualitative – comme la qualité de vie ou la qualité d'une infrastructure – ou quantitative.

variable "population des + de 60 ans de la commune"	valeur imprécise	écriture unifiée (profil sémantique)	représentation graphique
population (variable mesurable)	mesure 30	(30, 30, 0, 0)	
population (variable intervalle)	intervalle "entre 20 et 30"	(20, 30, 0, 0)	
population (variable linguistique)	variable linguistique imprécise "faible"	(20, 30, 10, 10)	

Le tableau présente, pour la variable « population de plus de 60 ans de la commune », trois types différents de la connaissance formalisables de façon uniforme.

1.2.5. Généralisation

Nous traduisons la connaissance que nous avons de la variable j pour l'observation i , par un quadruplet (A, B, α, β) :

Dans le cas général, le quadruplet A, B, α, β représente le profil sémantique d'un terme de type :

- + variable linguistique ;
- + variable quantitative pour laquelle on ne dispose, pour l'observation i considérée, que de l'appréciation qualitative de son intensité ;
- + variable-intervalle dont la valeur pour l'observation i , n'est connue que sous forme linguistique.

Dans des cas particuliers, le quadruplet prend la forme :

– $A, B, 0, 0$. Ce quadruplet est relatif :

- + à une variable-intervalle,
- + à une observation quantitative dont on ne dispose, pour l'observation i , que de l'intervalle noté,
- + à une variable linguistique dont, pour l'observation i , la connaissance est plus précise que celle apportée par un terme linguistique et se présente sous forme d'intervalle.

– $A, A, 0, 0$. Ce quadruplet est relatif :

- + à une variable quantitative classique, mesurable,
- + à toute variable-intervalle ou linguistique pour laquelle on dispose exceptionnellement, pour l'observation i , d'une valeur précise.

En définitive, l'écriture unifiée des connaissances spatiales permet ainsi d'accepter à la fois des types de variables précises et imprécises et même des variables hétérogènes contenant à la fois des valeurs relatives à des mesures, des ratios, des intervalles et des termes linguistiques. Cette écriture emprunte la formalisation la plus faible car la plus imprécise de l'information spatiale.

1.3. Les modèles d'évaluation

Pour respecter un des objectifs du système-expert qui consiste à faire une évaluation et élaborer une stratégie d'action, il faut se doter d'une méthode d'évaluation du système d'action.

Les modèles sémantiques que nous présentons ici, constituent les règles du système-expert, c'est-à-dire les éléments d'une aide à la décision pour trouver les solutions aux problèmes d'aménagement. Fondés sur l'heuristique d'une longue étude de terrain, à partir des nombreuses expériences de développement local menées en Lorraine et répondant à une problématique cohérente, ils sont fondés sur des concepts spatiaux « flous », proches de la complexité du monde réel et marqués par l'imprécision et l'incertitude.

Nous présentons tout d'abord les fondements de l'évaluation. Ils reposent sur l'état des relations entre chaque composante du système d'action pour diagnostiquer les convergences comme les ruptures et les dysfonctionnements et qui nécessitent une connaissance du système d'action.

Cette évaluation nécessite l'élaboration de modèles sémantiques dont nous exposons les principes. Enfin, nous présentons la méthode adoptée pour la formalisation mathématique et le traitement des modèles sémantiques qui est cohérente avec les concepts d'imprécision et d'incertitude.

1.3.1. Les fondements de l'évaluation d'un système d'action : le rôle majeur des relations dans le système d'action

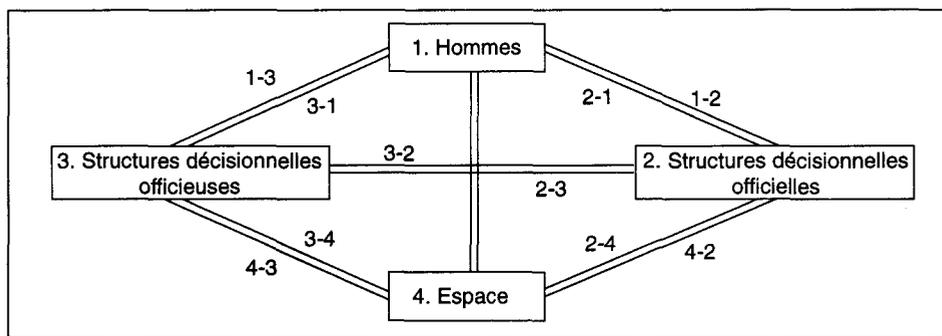
Dans le cadre plus général d'un autre travail [10], nous avons montré que l'aménageur agit sur un ensemble complexe d'éléments en interrelations que nous définissons par l'expression « système d'action » ou « système Hommes-Espace-Décisions », concept élaboré par C. Rolland-May, qui constitue un véritable modèle de représentation du complexe géo-économique sur lequel l'aménageur est amené à travailler. Nous insistons, dans le cadre de cet article, sur le fait que la connaissance du système d'action doit être la plus exhaustive possible puisqu'il s'agit d'une « grille de lecture » pour diriger la connaissance et la recherche d'informations.

On peut cependant aller plus loin et estimer que cette connaissance permet d'énoncer un diagnostic sur l'état du système d'action et, en conséquence, d'une part, d'évaluer la qualité de ce dernier et, d'autre part, de valider telle ou telle action.

Notre thèse est que la qualité du système d'action est directement, et en premier lieu, induite par la qualité des relations entre les composantes du système. Elle le sera, en second lieu, par la qualité des relations entre le système d'action et son environnement.

La problématique est donc celle de l'évaluation de la qualité de ces relations. Nous nous sommes intéressés à la mise au point d'un modèle d'évaluation de ces relations limitant volontairement le propos à l'évaluation des relations endogènes du système d'action. Chaque composante du système d'action est en relation avec les autres composantes et les influence. Nous allons définir les types de relations du système d'action en les qualifiant par des variables sémantiques (fig. 4) : par exemple la relation 1-2 entre les hommes et les structures décisionnelles officielles que nous identifions par la qualité de la représentation. Il s'agit d'évaluer si les structures décisionnelles officielles tiennent compte des vœux, espérances et besoins de la population et les énoncent le plus fidèlement possible.

Figure 4 : Identification des relations entre les composantes du système d'action



1.3.2. Principe des modèles sémantiques

Un modèle sémantique correspond à la formalisation de la relation entre deux composantes du système d'action. Il constitue un modèle pour la mise au point des règles du système-expert puisque l'évaluation repose sur la comparaison d'une situation donnée par l'exemple traité avec un ensemble de « modèles référentiels ».

Le principe est d'associer une fiche d'explication à chaque modèle sémantique, qui désigne une relation du système d'action.

Chaque relation implique la définition d'indicateurs implicites qui la caractérisent le mieux possible, tâche difficile qui nécessite la synthèse de longues expériences de terrain. Ces indicateurs implicites peuvent être définis par un nombre, un intervalle ou un terme linguistique.

Le problème est alors de trouver la meilleure réponse possible pour qualifier avec un seul terme linguistique, la qualité d'une relation globale, définie par plusieurs variables implicites. Il s'agit donc de créer une formalisation mathématique la plus rigoureuse possible (cf. § 1.3.3).

A chaque modèle sémantique est associé

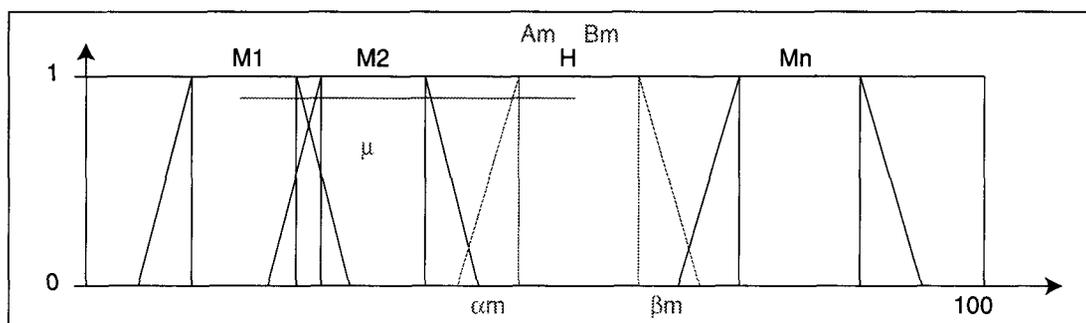
- un alphabet unique de six termes linguistiques, « d'intensité croissante » qui peuvent être par exemple : très mauvais, mauvais, très moyen, moyen, bon, excellent ;
- un certain nombre d'indicateurs implicites, qui seront qualifiés par un terme linguistique choisi dans l'alphabet, par un intervalle ou par un nombre.

1.3.3. Formalisation mathématique des modèles sémantiques

La formalisation mathématique doit répondre, à la fois, à la rigueur mathématique d'une méthode de calcul et qualifier le mieux possible la relation globale définie par plusieurs variables implicites.

La méthode que nous proposons pour la formalisation et le traitement mathématique est celle du terme moyen. On lui affecte un coefficient de crédibilité correspondant aux amplitudes entre le terme moyen et les termes minima et maxima (fig. 5).

Figure 5 : Représentation du terme moyen affecté du coefficient de crédibilité



Par généralisation, calculons le terme moyen de n termes linguistiques :

Nous posons :

$M_n = (A_n + B_n)/2$, milieux des trapèzes représentatifs des termes t_n , soit les milieux des segments $A_n B_n$.

$H = (M_1 + M_2 + \dots + M_n)/n$

Le point H est le milieu du segment $M_1 M_n$.

On définira par terme moyen des n termes linguistiques concernés, le terme $t_{m(i,j,n)}$ défini par le profil sémantique suivant :

$$P t_{m(i,j,n)} = (A_m, B_m, \alpha_m, \beta_m, \mu)$$

et par le trapèze A_m, B_m, C_m, D_m ou toute figure géométrique dérivée dans les cas particuliers que nous avons détaillés plus haut, tels que :

- K. La longueur de sa petite base est égale à la moyenne des longueurs des petites bases des trapèzes (ou toute figure dérivée) représentatifs des deux termes, soit :

$$K = ((B_1 - A_1) + (B_2 - A_2) + \dots + (B_n - A_n))/n$$

- L. La longueur de sa grande base est égale à :

$$L = \alpha_m + K + \beta_m$$

avec : $\alpha_m = (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n)/n$

$$\beta_m = (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n)/n$$

- μ : coefficient de crédibilité

$$\mu = 1 - (H - M_1/100)$$

1.3.4. Exemple pour une relation simple : «la qualité de la représentation»

L'exemple que nous proposons est celui de la qualité de la représentation, entre la composante hommes et la composante structures décisionnelles officielles du système d'action (tab. 2).

Tableau 2 : Réponse du système-expert pour la qualité de la représentation par un terme linguistique pris dans l'alphabet sémantique en fonction des indicateurs implicites

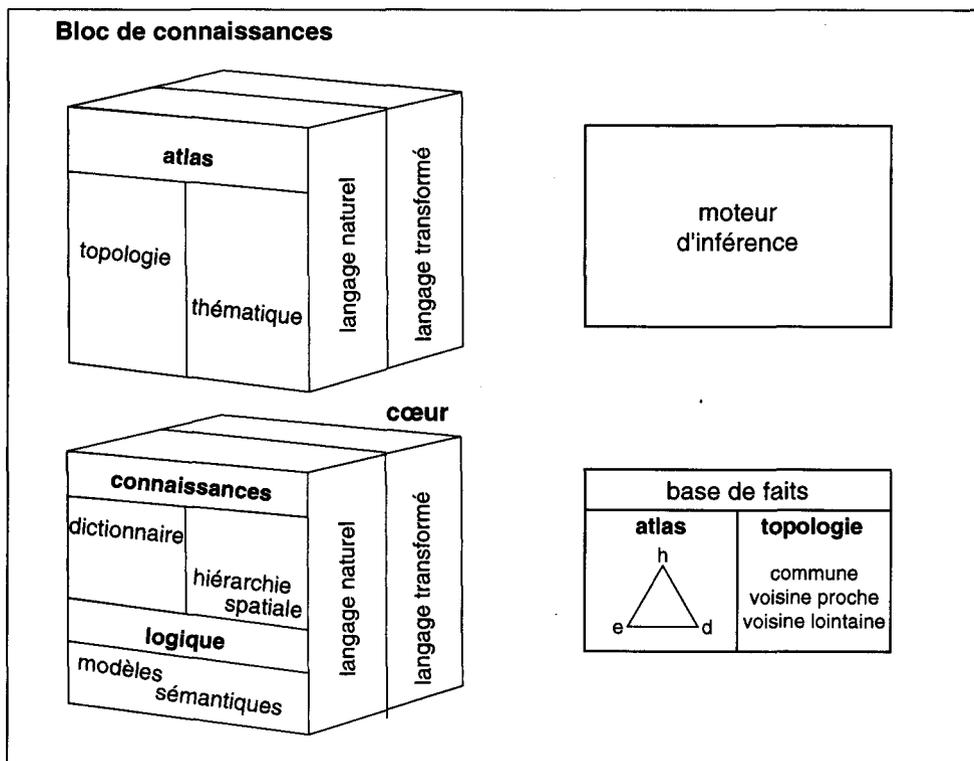
Libellé de la variable linguistique Qualité de la représentation	
Sommet 1	Hommes
Sommet 2	Structures Décisionnelles Officielles
Type de la relation	Relation Simple
Alphabet sémantique (6 termes qui ne varient pas quelles que soient les relations) dans l'ordre d'intensité croissante	<ul style="list-style-type: none"> - nulle - médiocre - moyenne - assez bonne - bonne - très bonne
Indicateurs implicites <ul style="list-style-type: none"> - population totale - variation migratoire - % obtenus aux dernières élections - dynamisme du maire - structures intercommunales 	L'utilisateur peut saisir : <ul style="list-style-type: none"> - un nombre - un intervalle - un terme linguistique

Ainsi, l'état du système d'action et plus spécialement des relations entre ses composantes peut être mesuré et servir d'aide à l'évaluation pour mieux connaître les convergences ou les « lignes de force » comme les ruptures ou les dysfonctionnements et mener à terme une action globale de développement.

2. L'architecture spécifique du système-expert

L'architecture générale du système d'aide à la décision, pour la mise en œuvre d'une action de développement local est à la fois classique et spécifique, du fait du « flou » (fig. 6).

Figure 6 : Schéma de l'architecture générale du système-expert



2.1. La structure générale classique

Comme tout système-expert, il comprend une base de connaissances, un moteur d'inférence, une base de faits et un interface utilisateur.

2.1.1. La base de connaissances

La base de connaissances qui stocke et organise l'ensemble des connaissances sous la forme de faits et de règles comprend deux parties :

- la partie topologie désigne l'identification des communes, de leurs voisines proches et lointaines ;
- la partie thématique caractérise les connaissances relatives aux communes, aux voisines proches et lointaines pour les composantes humaine, spatiale et décisionnelle de leurs systèmes d'action respectifs.

2.1.2. Le moteur d'inférence

Le moteur d'inférence, cœur du système d'aide à la décision assure le fonctionnement du système. Il permet de trouver un ou des éléments appropriés à la résolution du problème posé. Il est construit pour le moment sur une structure de chaînage arrière. Il fonctionne sur la base d'une logique d'ordre 1, c'est-à-dire «raisonne» sur des variables non instanciées.

2.1.3. La base de faits

La base de faits est utilisée dans le cadre d'une session et présente la même structure que la base de connaissances avec une partie topologique et une partie thématique. Une fois la session effectuée, les résultats vont enrichir automatiquement la base de connaissances. Le système est donc doté d'une capacité d'auto-apprentissage, qui en augmente la performance et l'efficacité à mesure qu'il traite des cas successifs.

2.1.4. L'interface-utilisateur

L'interface-utilisateur, outil permettant le dialogue entre l'homme et la machine se présente de la manière la plus conviviale possible, avec des menus successifs orchestrés par le moteur d'inférence de telle sorte que n'importe quel utilisateur puisse s'en servir.

Ainsi le système-expert présente une architecture « classique » sur laquelle s'articulent des éléments spécifiques, plus particulièrement dédiés aux connaissances spatiales, en particulier topologiques et thématiques. L'ensemble forme la «première couche» du système ou «couche immédiate».

2.2. La structure «floue»

La structure « floue » correspond aux caractéristiques profondes et spécifiques de notre système-expert et forme la «seconde couche» ou «couche profonde» du système.

Il s'agit, en premier lieu, de la particularité de la base de connaissances qui se présente plus sous la forme d'un « bloc de connaissances » que sous celle d'un simple fichier de règles de production : chacune des règles de la base de connaissances fait appel à cette « couche profonde », dans laquelle sont spécifiés tous les concepts « flous » utilisés.

Ainsi, dans l'exemple suivant, on voit qu'une règle simple devra, pour être activée par un cycle d'inférence, «appeler» des éléments «flous» dans la couche profonde (dictionnaire).

Couche immédiate	Couche profonde	
	1	2
Si dynamisme économique (important)	Variable «dynam. éco» et son alphabet	Profil sémantique «important»
et qualité de vie (bonne)	Variable «qualité de vie» et son alphabet	Profil sémantique «bonne»
alors attractivité de la commune (forte)	Variable «attractivité de» et son alphabet	Profil sémantique «forte»

De façon plus complexe, on a vu plus haut que l'activation d'un modèle sémantique exigeait, non seulement cette référence à des variables linguistiques et aux profils sémantiques des termes utilisés, mais encore et surtout le déclenchement d'une procédure complexe de recherche du terme moyen (fig. 6).

En deuxième lieu, il est nécessaire d'avoir recours pour les indices statistiques flous, à un module externe de calcul qui correspond aussi à l'utilisation d'un langage informatique plus approprié pour le traitement mathématique.

2.2.1. Le «bloc» de connaissances

Le «bloc» de connaissances est constitué, quelles que soient les parties :

- d'une structure en langage naturel pour l'interface utilisateur,
- d'une structure sous la forme de quadruplets qui formalisent le type de connaissances pour le traitement (couche profonde).

La première partie de la connaissance concerne l'espace avec la topologie des communes, des communes voisines proches et lointaines et la thématique qui regroupe l'ensemble des connaissances.

La deuxième partie est constituée de la connaissance «brute» c'est-à-dire :

- d'un dictionnaire de termes linguistiques qui contient le nom du terme linguistique et le profil sémantique équivalent (ou plus concrètement le quadruplet). Il peut être enrichi en permanence ;
- un module de hiérarchisation de la connaissance qui distingue les connaissances exigées respectivement pour la commune centre, les voisins proches et les voisins lointaines, de moins en moins précises pour établir un diagnostic ou des propositions d'aménagement.

Enfin, la troisième partie réunit l'ensemble des modèles sémantiques, base de la logique du système-expert.

2.2.2. Le module externe de calcul

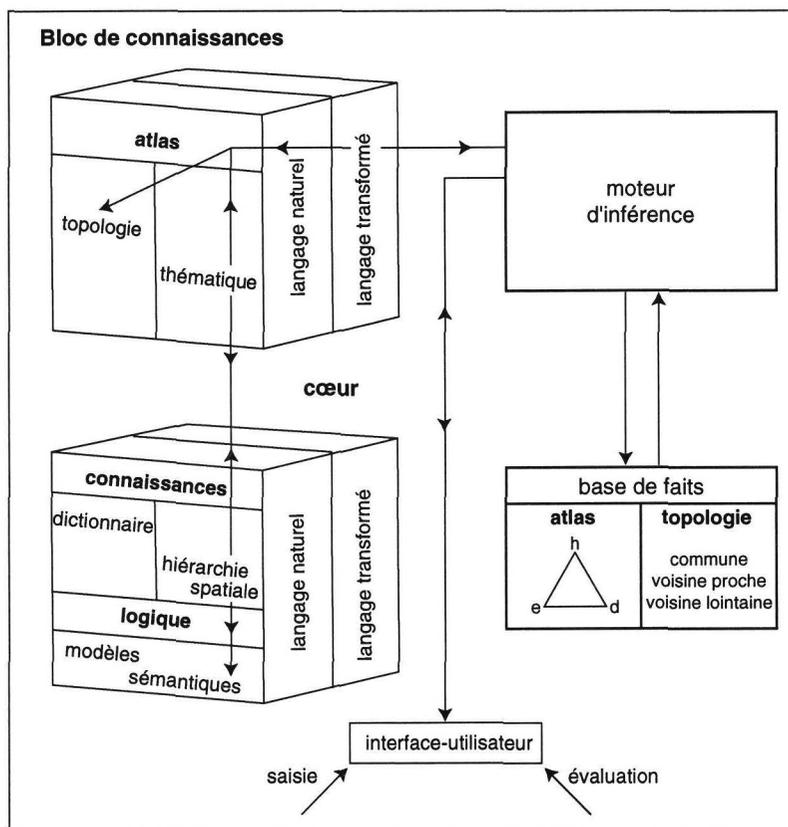
Même s'il s'agit d'une structure particulière, le module externe de calcul permet de faire appel à un langage informatique approprié pour le traitement des indices statistiques flous. Dans notre cas, nous avons choisi un module en Fortran.

3. Le fonctionnement du système-expert

Le fonctionnement du système-expert, au cours d'une session de travail, comporte deux parties distinctes (fig. 7) :

- la saisie des données, qui répond aux problèmes spécifiques de toute action de développement local : chaque utilisateur entre, à la demande du système, les données de la commune concernée et celles de ses voisines. Ainsi, les données concernant « le terrain » sont prises en compte par celui qui le connaît, avec toute sa subjectivité !
- l'évaluation de la qualité des relations entre les composantes humaine, spatiale et décisionnelle de la commune concernée, en tenant compte des communes voisines proches et lointaines par référence aux modèles sémantiques développés.

Figure 7 : Schéma général de fonctionnement lors d'un processus



Compte tenu de la spécificité du développement local, nous avons élaboré un système-expert flou qui répond à la mise en œuvre d'une politique de développement local en respectant les contraintes du monde réel, tout particulièrement l'imprécision et l'incertitude.

Fondé sur une structure hiérarchisée, le système présente des caractéristiques particulières du fait du «flou» avec un bloc de connaissances où l'on retrouve les concepts «flous» de l'espace, des connaissances qualitatives et quantitatives et de la logique.

Bibliographie

- [1] DUBOIS D., PRADE H. : *Théorie des possibilités. Application à la représentation des connaissances en informatique*, Paris, Masson, 1985
- [2] ROLLAND-MAY C. : *Les espaces géographiques flous*, Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Metz, 1984, 464 pages
- [3] ROLLAND-MAY C. : «Knowledge representation in an expert-system for space management», Proc. *Workshop on Expert Systems on PC's*, European Institute for Advanced Studies in Management, 1986
- [4] ROLLAND-MAY C. : *Propagation of imprecision and uncertainty in SOFT, an expert-system for space management and planning*, Busefal, 86-87

[5] ROLLAND-MAY C. : *Fuzzy data processing part 1 : concepts, formalization and statistical indices*, Sistemi Urbani, 1987

[6] ROLLAND-MAY C. : «Soft operational research in geography», *Proc. 5th European Congress of Quantitative and Theoretical Geography*, 1987

[7] ROLLAND-MAY C. : «2/3D constraints in an ES building tool for space management», *Proc. Euro IX-TIMS XXVIIth Congress*, Paris, 1988

[8] ROLLAND-MAY C. : «The concept of declarative data base and its application in operational research in geographical space management», *Proc. 6th European Colloquium of Theoretical and Quantitative Geography*, Chantilly, 1989

[9] ROLLAND-MAY C. : *G-SOFT, expert-system building tool for space management*, Sistemi Urbani, 1, 1989, pp. 69-83

[10] RUFFRAY S. de : *Problématique, concepts et méthodes de développement local : application à la Lorraine*, Thèse de Géographie, Université de Metz, 1995, 611 pages