

## PROBLEMES METHODOLOGIQUES POSES PAR UNE DEMARCHE DE TYPE SYSTEME-EXPERT EN GEOGRAPHIE

### **DUBUS Nathalie**

Institut de Géographie Alpine  
Université Joseph Fourier  
17, rue Maurice Gignoux  
38031 Grenoble cedex  
Tél : 76 63 59 33

### **Résumé**

Les systèmes-experts sont destinés à reproduire le raisonnement d'un expert dans un domaine particulier. Leur utilisation en tant qu'outil d'aide à la décision peut être envisagée en géographie. La marche à suivre pour le développement d'un système-expert est constituée de différentes étapes : identification, apprentissage, modélisation, formalisation de la connaissance et informatisation, puis validation et enrichissement du modèle. De fortes interactions existent entre la modélisation de la connaissance et l'outil utilisé. Cet outil, s'il offre certains avantages, fait aussi émerger des problèmes de fond comme de forme lors de la représentation et du traitement de la connaissance. Cela est mis en évidence par la réalisation d'un système-expert d'aide à la décision en matière de planification des eaux en pays sahélien.

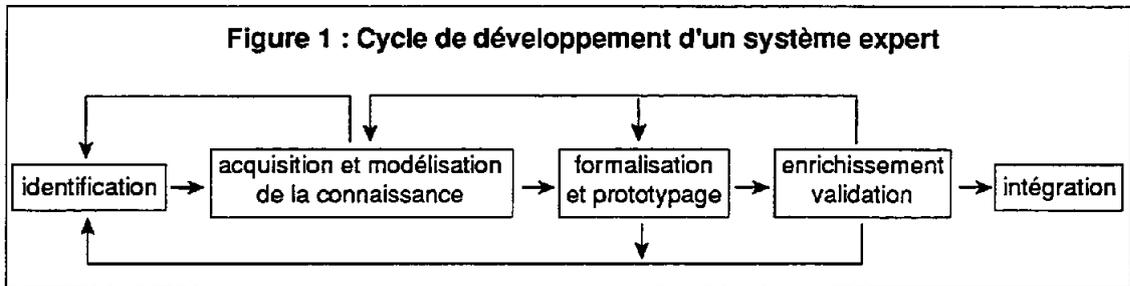
### **Mots Clés**

Burkina-Faso - Expertise - Modélisation - Ressource en eau - Système-expert

Au cœur des développements actuels de l'informatique et plus particulièrement de l'intelligence artificielle se trouvent les systèmes experts. Destinés à reproduire le raisonnement d'un expert dans un domaine particulier, leur utilisation pour la résolution de certains problèmes géographiques est envisagée. En effet, les différents systèmes experts développés jusqu'à présent l'ont été dans des disciplines diverses telles que la médecine, la biologie, l'électronique, la géologie, l'ingénierie, l'économie, la finance, etc... Conçus à la base pour la détermination de diagnostic, la prévision, la simulation, la planification, l'aide à la décision, ils ont été jusqu'alors réalisés pour reproduire des raisonnements concernant des problèmes très précis, ponctuels, plutôt techniques et surtout non flous. Il semble cependant, vu les objectifs de base de cette technique, tout à fait intéressant et opportun de développer ce type d'outil en géographie, et particulièrement dans les domaines de l'environnement et de l'aménagement du territoire. C'est pourquoi nous avons décidé de tenter l'expérience, et de mettre au point un système expert sur un sujet géographique : l'aide à la décision en matière de planification des ressources en eau dans un pays sahélien, avec une application au Burkina Faso.

La réalisation d'un tel outil nécessite de passer par différentes étapes : identification, acquisition et modélisation de la connaissance, puis formalisation et réalisation du premier prototype, enrichissement et validation de ce prototype, enfin intégration au sein de l'organisme utilisateur. Ce travail ne s'effectue pas toujours de façon linéaire car, comme souvent, il existe de fortes interactions entre la modélisation de la connaissance et la technique utilisée.

Figure 1 : Cycle de développement d'un système-expert



Nous allons présenter les différentes étapes de développement d'un système expert, en mettant en évidence pour chacune d'elles quelques points sensibles sur lesquels s'arrêter et certaines des difficultés rencontrées. Nous illustrerons cet exposé par des exemples extraits de la réalisation du système expert sur la planification des ressources en eau au Burkina Faso.

## 1. Identification

Lorsque l'on se lance dans la réalisation d'un système expert, il est primordial de bien identifier la tâche qu'il va devoir accomplir, les acteurs participant à ce travail, les moyens mis à disposition.

### 1.1. Identification de la tâche à accomplir par le système expert

La tâche à accomplir par le système expert doit avoir les caractéristiques suivantes :

- n'être ni trop simple, ni trop complexe (extrêmement difficile à modéliser) ;
- contenir du raisonnement, c'est à dire un enchaînement de propositions déduites les unes des autres afin de parvenir à une démonstration.

Identifier la tâche à accomplir par le système signifie :

- définir ses buts, ses fonctions précises,
- évaluer son intérêt,
- fixer ses limites,
- prévoir ses extensions possibles.

Cette phase est capitale car elle conditionne l'opérationnalité du système mis au point. Nous allons l'illustrer par notre exemple sur le Burkina Faso.

#### exemple identification de la tâche

Un système expert dans le processus de planification des ressources en eau – application au Burkina Faso, secteur de l'hydraulique villageoise

- But :

- + proposer des solutions d'aménagement hydraulique pour l'approvisionnement des populations en eau potable.

- Fonctions :

- + proposer un nombre de questions clés au niveau du village, permettant d'établir un premier diagnostic ;
- + proposer aux planificateurs des solutions d'aménagement hydraulique et leurs mesures d'accompagnement ;
- + pouvoir comparer ces solutions selon des critères de coût et d'apport à la qualité de la vie ;
- + possibilité d'inscrire les résultats des sessions sur les villages dans un SIG.

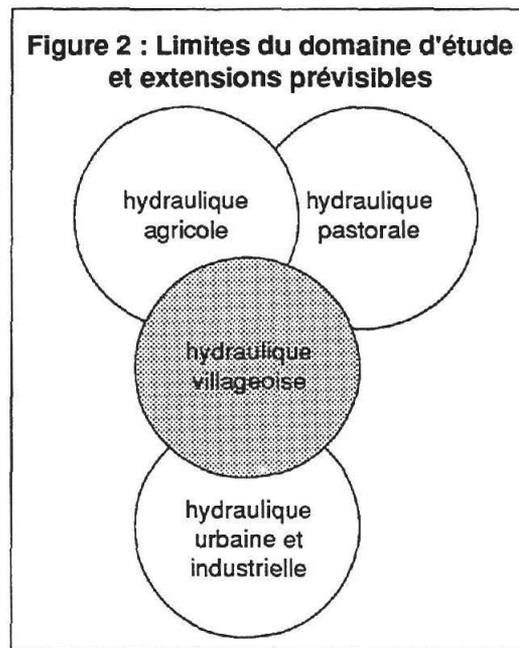
- Intérêts : exemples...

- + un outil d'aide à la décision souple, intégrant rapidement des données nouvelles ;
- + fait selon les recommandations fixées par la conférence internationale de Dublin sur l'eau et l'environnement ( janvier 1992) ;
- + une constance par rapport au changement des personnes dirigeantes en Afrique.

- Limites du domaine d'étude et extensions prévisibles :

Comme le montre la figure 2, notre système expert concerne pour le moment le secteur de l'hydraulique villageoise. Il pourra cependant s'étendre aux autres secteurs de l'eau définis au Burkina Faso.

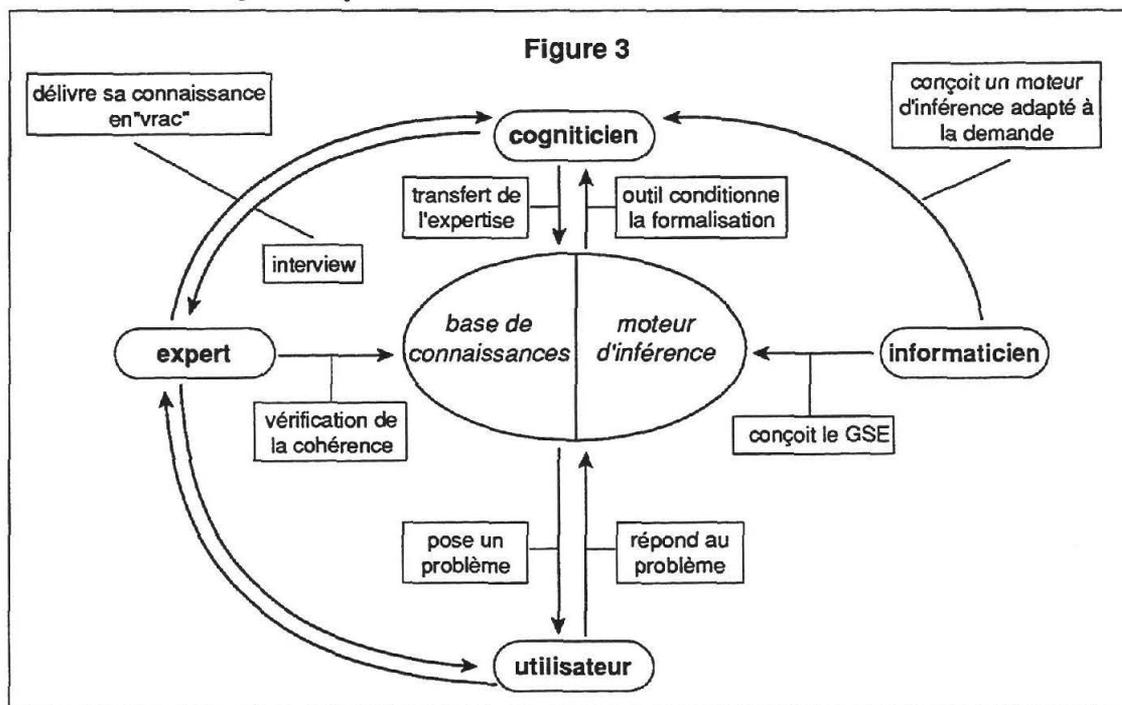
Figure 2 : Limites du domaine d'étude et extensions (révisibles)



### 1.2. Identification des acteurs

Quatre types d'acteurs vont contribuer à la réalisation d'un système expert :

Figure 3 : Les acteurs du système-expert



- L'expert :

C'est lui (ou eux, s'ils sont plusieurs) qui détient la connaissance du domaine d'étude. Il est très important qu'il se sente impliqué dans cette réalisation, se rendant ainsi suffisamment disponible pour faciliter l'acquisition de sa connaissance par le cogniticien.

– Le cogniticien :

Il est l'intermédiaire entre l'expert et l'informaticien. C'est lui qui «récupère» la connaissance, la modélise et la formalise. Il doit d'une part connaître suffisamment le domaine étudié pour comprendre le langage de l'expert, et d'autre part avoir une bonne maîtrise des formalismes de représentation de la connaissance, afin de préparer l'informatisation du modèle.

– L'informaticien :

Son rôle est de concevoir un générateur de systèmes-experts adapté à la demande. S'il n'y a pas d'informaticien dans l'équipe de travail, il est possible d'utiliser un des générateurs de systèmes-experts existant sur le marché. Dans ce cas, le cogniticien aura à assumer la tâche d'implémentation du modèle. Il devra donc avoir des connaissances informatiques plus poussées.

– Les utilisateurs :

Ils ont une demande précise qu'il va falloir satisfaire. La prise en compte de cette demande conditionne les buts du système expert.

### **1.3. Identification des moyens**

Les moyens à identifier sont d'ordre :

- financiers,
- matériels (exemple : matériel informatique disponible),
- humains,
- temporels.

Lors de la réalisation de notre système expert, la principale contrainte était d'utiliser le générateur de systèmes-experts que nous avons à disposition : Nexpert Object.

## **2. Acquisition et modélisation de la connaissance**

### **2.1. Acquisition de la connaissance**

L'acquisition de la connaissance se fait par différents moyens :

- lecture d'ouvrages généraux et de rapports d'expertise afin de mieux connaître le domaine d'étude,
- interviews d'experts du domaine.

Les difficultés de cette phase viennent du fait que le cogniticien doit reconnaître et comprendre le modèle interne selon lequel l'expert raisonne, et expliciter la connaissance implicite de ce dernier.

### **2.2. Modélisation de la connaissance**

– A partir des informations données par l'expert, un premier modèle est réalisé. Il est complètement indépendant des formalismes de représentation de la connaissance utilisés. Il peut par exemple être conçu comme un organigramme indiquant précisément la structure de la connaissance et les principaux liens existant entre les éléments de cette structure, la nature et le détail de ces liens ne figurant pas encore dans ce modèle.

– Un deuxième modèle, plus fin, est ensuite construit, bien plus lié aux formalismes de représentation de la connaissance utilisés (les liens s'expriment par exemple déjà comme des inférences). Dans ce modèle, la totalité des raisonnements est représentée. C'est là qu'il faut être particulièrement méthodique et rigoureux afin de n'oublier aucun cas.

Il est à noter que la frontière entre modélisation et formalisation de la connaissance n'est là pas évidente à définir. Cela vient peut-être du fait que le formalisme des «règles de production» n'est pas très proche de notre façon de raisonner.

L'acquisition et la modélisation de la connaissance sur la planification des ressources en eau au Burkina Faso se sont faites selon les étapes suivantes :

- discussions informelles avec les experts : précision des objectifs ;

- lectures diverses (ouvrages généraux et rapports d'experts) ;
- construction, avec l'expert, de grands tableaux regroupant les points clés de l'expertise : dans les colonnes figure la structure de la connaissance, dans les lignes le raisonnement ;
- introduction dans ces tableaux de connaissances externes (autres experts) ;
- interviews «ciblées» (précision des points obscurs) ;
- construction d'un organigramme de représentation des connaissances : modèle «général» de l'expertise ;
- vérification avec l'expert de la cohérence de ce modèle.

### 3. Formalisation et prototypage

#### 3.1. Formalisation

La formalisation de la connaissance est directement liée à l'outil utilisé. Nexpert Object est un système hybride intégrant deux formalismes de représentation de la connaissance :

- le formalisme «objet» qui permet de représenter la structure de la connaissance,
- les «règles de production», qui expriment le raisonnement.

Cette phase de formalisation est délicate car finalement assez subjective. De nombreux problèmes de choix se posent au cogniticien. La marche à suivre au cours de cette formalisation est de définir d'abord les classes et objets, puis les règles de production qui s'appliquent à ces objets. Dans la réalité, on s'aperçoit que l'écriture des règles met parfois en évidence l'intérêt de créer de nouvelles classes. Il faut alors être particulièrement vigilant afin de ne pas introduire d'incohérences dans le modèle déjà formalisé. De plus, l'outil utilisé a bien entendu des limites dont il faut tenir compte. Il est de même judicieux à ce stade de prévoir les extensions futures du modèle, afin de pouvoir le développer ultérieurement sans trop de difficultés.

Formaliser ainsi la connaissance conditionne finalement la façon dont on pense. La maîtrise de ce type de pensée n'est pas la moindre des difficultés de l'approche liée à l'utilisation des systèmes experts, car elle implique d'avoir une gymnastique de l'esprit très particulière. Cela influence aussi la façon dont on a conçu le modèle : un même cerveau a tendance à amalgamer les tâches de modélisation et de formalisation quand c'est à lui seul qu'elles reviennent.

#### 3.2. Mise au point d'un premier prototype

La connaissance formalisée est entrée dans le générateur de systèmes-experts : un premier prototype est ainsi mis au point. Il ne concerne en général qu'une partie du modèle. Il sera ainsi plus facilement testé, et va permettre la détection des premières incohérences. Ce n'est qu'une fois qu'il fonctionne bien que l'on va commencer à l'enrichir.

A titre d'exemple, le premier prototype que nous avons construit contenait trois classes et une soixantaine de règles. Le modèle enrichi comporte une vingtaine de classes et à peu près trois cents règles.

### 4. Enrichissement et validation

La phase d'enrichissement du modèle a pour objet de le grossir de connaissances supplémentaires, afin qu'il atteigne le but fixé initialement. Cette phase est délicate car il faut faire attention à conserver la cohérence et le bon fonctionnement du prototype. Au fur et à mesure de son enrichissement, le modèle est testé afin de détecter progressivement les redondances et dysfonctionnements potentiels. C'est aussi au cours de cette phase que l'on introduit, à l'intérieur du modèle, des stratégies qui permettent de refléter le cheminement, l'enchaînement des idées de l'expert.

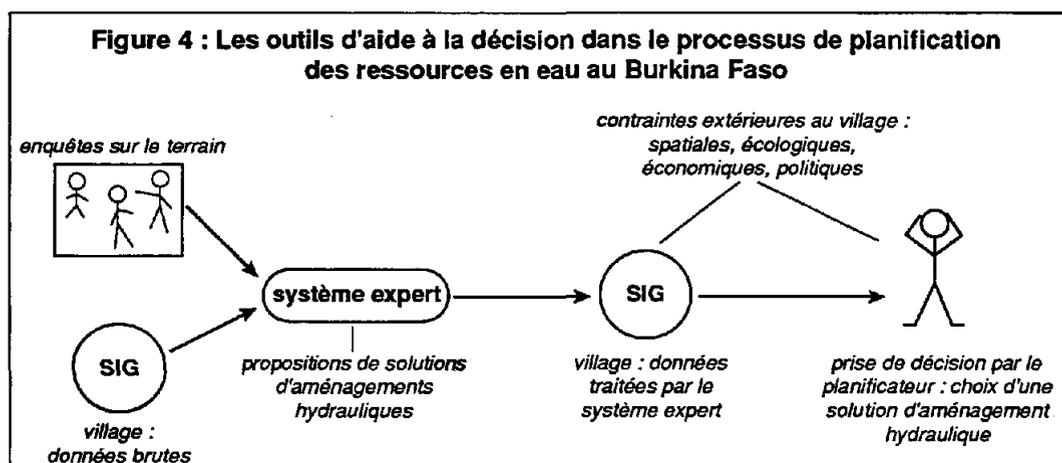
Ce modèle est enfin testé et validé par des exemples «pédagogiques», simples et fictifs, et des exemples «réels», pris sur le terrain. C'est la comparaison entre les résultats issus du modèle et ceux fournis par l'expert qui permet sa validation.

### 5. Intégration

Une fois réalisé, le système expert doit être intégré à l'organisme qui va l'utiliser (figure 4). Cette intégration est de deux types :

- Humaine :
  - + élaboration d'une interface utilisateur,
  - + apprentissage du fonctionnement du logiciel par les utilisateurs.
- Matérielle :
  - + les liens informatiques avec les bases de données déjà existantes doivent être construits.

Figure 4 : Les outils d'aide à la décision dans le processus de planification des ressources en eau au Burkina Faso



Cet exposé a tenté de mettre en évidence certaines des contraintes liées à la réalisation d'un système expert. Les avantages procurés par cet outil ne doivent pas être occultés, ils sont en effet considérables. Plus qu'une technique, c'est toute une façon de travailler, une méthodologie qui est mise en place. Le tableau ci-dessous récapitule, même s'il n'est pas exhaustif, ces contraintes et avantages.

TABLEAU RECAPITULATIF DES CONTRAINTES ET AVANTAGES LIES A LA REALISATION D'UN SYSTEME-EXPERT

CONTRAINTES / PROBLEMES	AVANTAGES
MODELISATION D'UN RAISONNEMENT : COMPLEXITE	FORMATEUR : NECESSITE D'APPROFONDIR SA CONNAISSANCE. RIGUEUR IMPERATIVE DANS LE RAISONNEMENT
EXPLICITER L'IMPLICITE	S'STRUCTURATION ET MODELISATION D'UNE CONNAISSANCE NON EXPLICITEE AVANT
FORMALISME PROPRE AUX SYSTEMES EXPERTS, DIFFICILE A MAITRISER	MEMOIRE D'UN RAISONNEMENT, D'UN "SAVOIR-FAIRE"
FORTE INTERACTION TECHNIQUE/MODELE	DISPONIBILITE, COHERENCE ET MISE A DISPOSITION DE L'UTILISATEUR D'UNE INFORMATION AMPLE
ETRE A LA FOIS EXPERT, COGNITICIEEN, INFORMATICIEEN	OUTIL EVOLUTIF, SOUPLE, FACILEMENT REMIS A JOUR
	PRODUCTION D'EXPLICATIONS : TRACE DU RAISONNEMENT EFFECTUEE
	GESTION DE NOMBREUX SCENARIOS
	GAIN DE PRODUCTIVITE
	DONNE DES SOLUTIONS