



**Colloque international LMI-PATEO
Université Gaston Berger de St-Louis
11-14 mai 2016**

**THEME : « Sciences participatives et gouvernance des
patrimoines et territoires des deltas »**

Communication

Gouvernance des écosystèmes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal : de l'approche ressource à l'approche écosystémique. Bases d'un *systeme-expert* d'aide à la prise de décision dans le cadre de la gouvernance du lac de Guiers.

Par :

Capitaine Ousseynou NIANG, doctorant EDEQUE/UCAD

Pr Mouhamadou Mawloud DIAKHATE, UGB

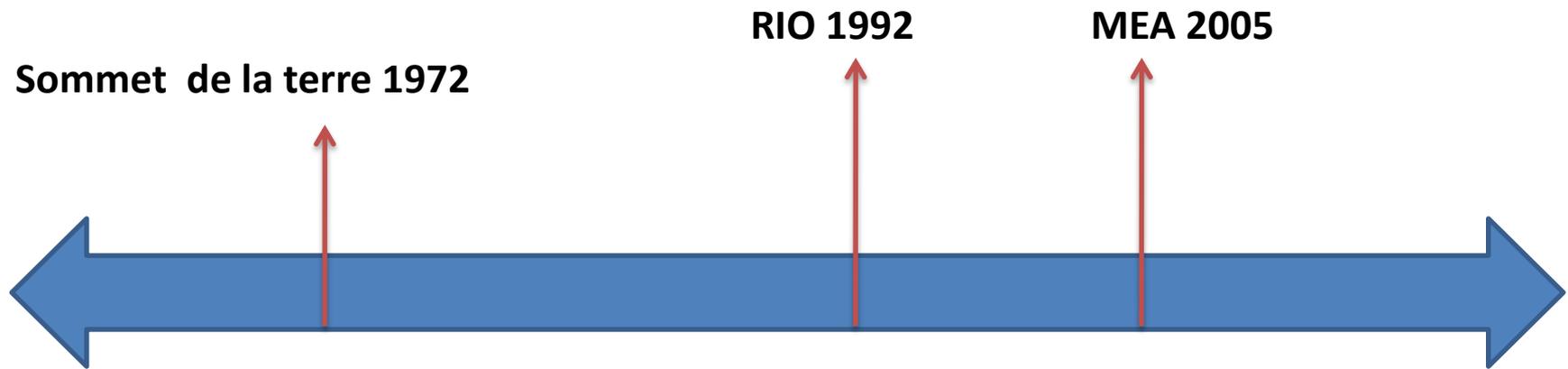
Pr Alioune KANE, UCAD

Plan de l'exposé

- **Introduction**
- **Protocole de recherche**
- **Présentation des résultats**
- **Discussions**
- **Définition des bases du système expert**
- **Perspectives**

INTRODUCTION GENERALE

► CONTEXTE DE LA RECHERCHE



Le Sénégal, n'est pas resté en marge de cette évolution du fait des enjeux politiques, sociales et économiques liés à la préservation de son développement à la préservation des fonctions et services de ses écosystèmes aquatiques en général et ceux d'eau douce en particulier, comme le lac de Guiers qui est la plus grande réserve d'eau douce du pays.

INTRODUCTION GENERALE

► CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Le lac de Guiers, constitue un défluent du fleuve Sénégal auquel il est lié à Richard Toll par le canal de la Taouey.

Le Lac de Guiers a une envergure nationale de par sa fonction de plus grande réserve d'eau douce du pays.



INTRODUCTION GENERALE

► JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE

- De nos jours, autour du lac on observe, la coexistence et l'interaction d'une pluralité d'acteurs aux logiques parfois divergentes. Selon les projections les plus modérées, en 2050, la planète va compter 9 M, d'habitants. Ce qui va augmenter la pression sur les ressources en eau de la planète. A cette pression s'ajoutera les Collectivités locales, ONG, groupes sociaux professionnels de base, l'importance de des enjeux politico-administratifs, sociaux, économiques et écologiques qui caractérisent l'écosystème du lac de Guiers. Pour cela, le lac de Guiers au Sénégal, est à bien des égards, un espace disponible sur terre, intéressant d'observation des dynamiques autour de l'eau
- Ses prévisions, sommes toutes, préoccupantes engendrent de nos jours, une anticipation de la ruée vers l'eau.

INTRODUCTION GENERALE

► JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE

De cette situation pour le lac de Guiers, découle un problème majeur qui est la mise en adéquation spatiale entre l'offre de services environnementaux et la demande des acteurs autour du lac, c'est-à-dire les choix de localisation optimale, au regard des contraintes environnementales et socio-économiques.

Ce problème rappelle l'un des défis majeurs qui se posent aux aménageurs de nos jours, à savoir la mise en adéquation optimale entre les besoins de nos sociétés et les réponses offertes par la nature.

INTRODUCTION GENERALE

► JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE

Ce problème exacerbe, non seulement les inégalités et les rapports de force déjà inéquitables, mais surtout génère une certaine conflictualité particulièrement dans l'exploitation des ressources en eau du lac.

Dans un tel contexte, la question qui se pose est *comment les gestionnaires de cet écosystème aquatique arrivent-ils à prendre « la bonne » décision ?*

INTRODUCTION GENERALE

► JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE

Pour répondre à cette question nous partons du constat que les SIG contribuent certes à la récolte des informations, la production de données aidant à considérer le problème dans toute sa complexité et à décrire les différentes variantes (Goodchild et al., 1996), mais ils ne permettent pas d'intégrer les préférences du décideur et d'effectuer un choix dans un contexte d'évaluation d'objectifs et de critères conflictuels (Molines et al., 2001).

Comment accompagner les acteurs de la gouvernance du lac de Guiers dans leur processus de prise de décision par de multiples options dérivées et manipulées en un temps limité ?

De plus, le décideur prend en compte plusieurs critères pour juger des actions (alternatives), chose irréalisable par les SIG. Ces restrictions sont-elles prises en compte dans la décision ?

Le processus de décision qui soit approprié par les acteurs locaux eux-mêmes ?

INTRODUCTION GENERALE

► JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE

Cette limite des SIG classiques face à la nécessité d'accompagner les processus de prises de décisions dans le cadre de la gouvernance du lac de Guiers (processus décisionnels correspondant à des choix collectifs où les points de vue sont souvent contradictoires et s'emboîtent sur plusieurs échelles), nous a amené à faire le choix des *systemes experts* d'aide à la décision qui ont comme finalité la modélisation de la connaissance et de raisonnement d'un expert (ou d'un ensemble d'experts) dans un domaine donné fixe.

INTRODUCTION GENERALE

► PROBLEMATIQUE

**Le lac de Guiers est un écosystème aquatique
Mais rares sont les études qui ont tenté de faire
largement étudié dans ses diverses composantes
une corrélation dans le temps et dans l'espace
particulièrement dans la double problématique de
entre les dynamiques d'acteurs autour du lac et
la dynamique des acteurs autour du lac, d'une part
l'évolution de l'état de l'écosystème aquatique.
et, d'autre part, de l'évolution de son système
hydrologique.**

INTRODUCTION GENERALE

► PROBLEMATIQUE

- C'est pourquoi, cette thèse ambitionne de combler ce gap dans une perspective d'amélioration de la gouvernance autour du lac de Guiers.
- Dans cette perspective notre *hypothèse de départ* est la suivante: *la mise en place d'un système expert pour l'aide à la prise de décision permet aux acteurs de la gestion du lac de pouvoir détecter eux mêmes les incohérences liées à la localisation des activités atour du lac et les incidences de ces dernières sur l'écosystème.*

INTRODUCTION GENERALE

► PROBLEMATIQUE

Ainsi, l'objectif principal de cette recherche est d'identifier et d'analyser les dynamiques environnementales et socio-économiques autour du lac, ainsi que leurs incidences sur l'écosystème aquatique du lac de Guiers.

INTRODUCTION GENERALE

► PROBLEMATIQUE

De façon plus spécifique, cette recherche vise à :

☞ Déterminer les principales caractéristiques de l'écosystème aquatique du Guiers ;

☞ Identifier au tour du lac, les différents secteurs d'activités et acteurs en présence, tout en évaluant les conflits qui les opposent, ainsi que leurs incidences sur l'écosystème du lac de Guiers ;

☞ Concevoir et tester un système expert pour aider à l'amélioration du système de gouvernance du lac de Guiers.

METHODOLOGIE

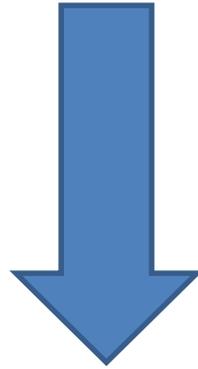
1. Recherches bibliographiques
2. Entretiens avec les acteurs/les observations de terrain
3. Exploitation, traitement et analyse des données issues de la bibliographie et des entretiens avec les acteurs
4. Définition des bases du système expert du lac de Guiers
5. Implémentation du système expert d'aide à la prise de décision

Cette démarche nous a permis d'avoir des éléments de réponses sur :

- Les composantes de l'écosystème du lac de Guiers ?
- *La dynamique des acteurs autour du lac ?*
- *Les enjeux de la gestion du lac de Guiers ?*
- *Les différents conflits auxquels, ces acteurs font face ?*
- *Les effets et impacts des dynamiques d'acteurs sur l'écosystème ?*

RESULTATS

ECOSYSTÈME AQUATIQUE AU FONCTIONNEMENT NATUREL



ECOSYSTÈME AQUATIQUE ARTIFICIALISÉ



RESULTATS

Avant l'avènement des barrages, les principaux usagers de l'eau et de l'espace autour du lac étaient relativement peu nombreux. Il s'agissait principalement des :

- agriculteurs autochtones qui pratiquaient une culture de décrue**
- éleveurs traditionnels à la fois de type extensif, de case et d'embouche**
- pêcheurs traditionnels avec un équipement rudimentaire**
- agricultures qui pratiquaient timidement la culture irriguée**
- les usines de traitement de l'eau pour Dakar.**

RESULTATS

Avec l'avènement des barrages, les usagers de l'eau et de l'espace se sont accrues grâce à l'accroissement rapide de l'agriculture irriguée et la demande en eau de Dakar avec cependant, le déclin voir la disparition des activités traditionnelles.



Pour autant, l'étude de la dynamique des acteurs autour du lac de Guiers, a permis de constater l'existence d'une multiplicité d'acteurs et d'usagers autour du lac.

RESULTATS

Cette situation est marquée par l'existence de divers types de conflits qui sont surtout liés à :

- **l'espace : conflits liés à l'aménagement du territoire (parcours de bétail, exploitations agricoles) conflits liés à la terre(foncier) ;**
- **la valorisation des eaux : planification des aménagements, manoeuvre des vannes, organisation des tours d'eau (PIV et PIP partageant la même source d'eau), redevance eau (conflit potentiel) ;**
- **la gestion du système : absence d'objectifs clairs de planification , gestion hydraulique sectaire, organisation institutionnelle informelle**

RESULTATS

-Tendances des dynamiques actuelles dont :

- **Les cultures irriguées s'implantent en se développent avec l'introduction accentuée de nouvelles spéculations très consommatrices d'eau et d'espace comme la patate douce.**
- **Le potentiel de terres irrigables attire de nombreux exploitants originaires et non originaires de la région du lac, ce qui contribue à l'accroissement de la démographie et à l'extension des terres affectées et aménagées (initiatives privées à petite et à grande échelle dans la région du lac .)**

RESULTATS

-Tendances des dynamiques actuelles dont :

➤ **L'alimentation en eau potable de Dakar a tendance à augmenter très prochainement (70% à partir du lac) et l'alimentation en eau potable des villages riverains du lac et des villages localisés sur la conduite d'eau vers Dakar est de plus en plus exigée.**

Toutes ces tendances sont de nature à augmenter la compétition pour l'accès à la terre et à l'eau avec des répercussions négatives sur l'écosystème aquatique

RESULTATS

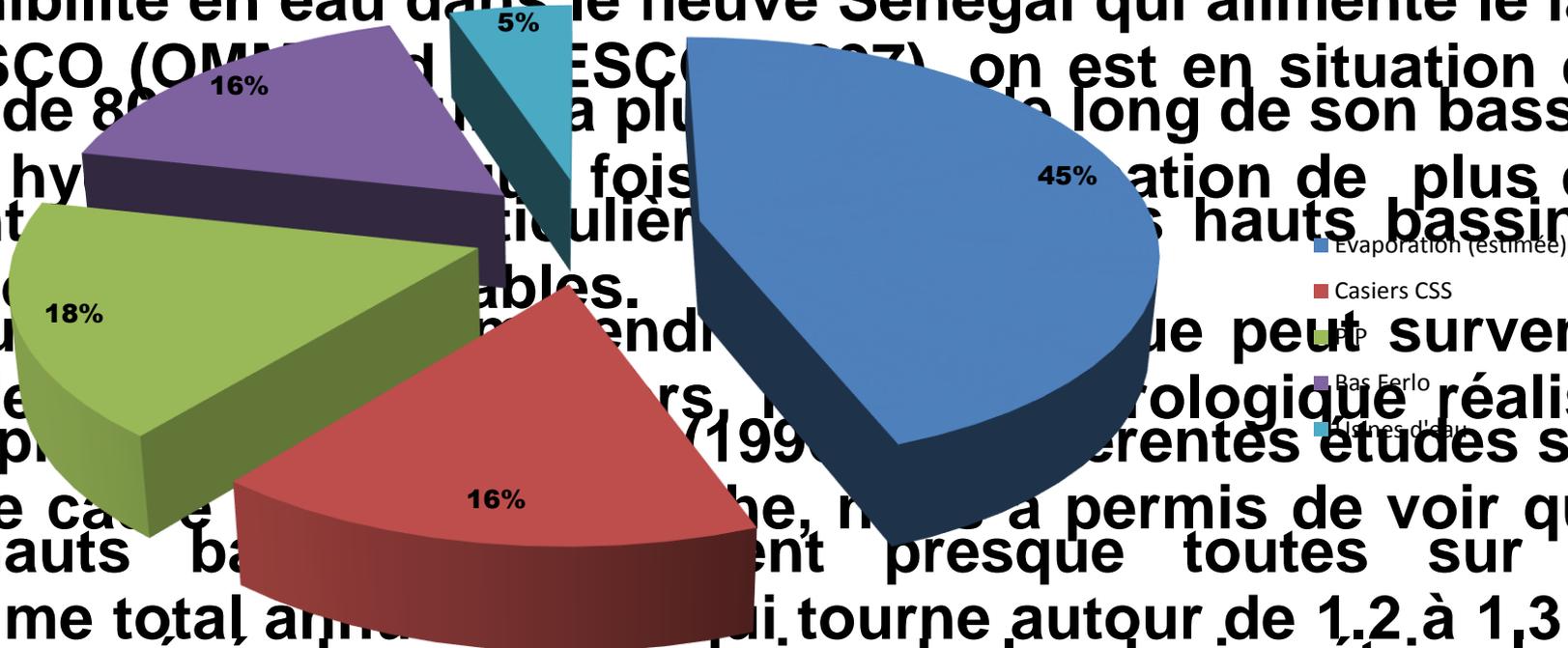
Cette mutation rapide et non coordonnée des dynamiques autour du lac impactent négativement l'écosystème aquatique du point de vue des prélèvements et des rejets qui s'effectuent dans le lac dans des proportions de plus en plus importantes. Ce qui met l'écosystème du lac de Guiers en face de trois risques principaux :

- Le risque de stress hydrique pour le lac de Guiers**
- Le risque de pollution des eaux du lac**
- Le risque d'eutrophisation des eaux du lac**

DISCUSSIONS

•Le risque de stress hydrique pour le lac de Guiers

Si l'on considère que le paramètre principal qui influence la disponibilité en eau dans le fleuve Sénégal qui alimente le lac de Guiers est l'évaporation, on est en situation de stress hydrique à plus de 80% le long de son bassin versant. Sur la base de l'indice de pénurie d'eau de l'OMM et de l'UNESCO (OMM/UNESCO, 2007), on est en situation de stress hydrique à plus de 80% le long de son bassin versant. Dans les hauts bassins, 60 % de l'eau est évaporée. On peut donc dire que le lac de Guiers est en situation de stress hydrique à plus de 80% le long de son bassin versant. Dans le cas de l'évaporation, on peut dire que le lac de Guiers est en situation de stress hydrique à plus de 80% le long de son bassin versant. Dans le cas de l'évaporation, on peut dire que le lac de Guiers est en situation de stress hydrique à plus de 80% le long de son bassin versant.



DISCUSSIONS

- **Le risque de pollution des eaux du lac**

En dépit du drainage des eaux des casiers de la CSS dans le Lac

En dépit de l'intensité de la pollution diffuse d'origine agricole et domestique

Aucune étude n'a encore décelé des niveaux de pollution inquiétants



DISCUSSIONS

- **Le risque d'eutrophisation des eaux du lac**

La situation actuelle marquée par un temps de séjours réduit des eaux dans le lac (environ 129 jours) et le rétablissement de l'hydraulicité du lac par l'ouverture des vannes vers le bas Ferlo et le rétablissement du canal du Niétty Yonn, ne laissent presque aucune chance à une situation de stagnation des eaux qui pourrait conduire à une eutrophisation du lac

DISCUSSIONS

C'est pourquoi sur les trois scénarii (scénario de stress hydrique, scénario de pollution du lac et scénario d'eutrophisation) développés dans le processus de construction de notre système-expert, seul le ***scénario de stress hydrique*** est retenu comme entrée principale pour le ***système expert*** du lac de Guiers.

Dans cette perspective trois variantes ont été identifiées :

Variante 0 : le volume moyen annuel du lac reste constant à 1.2 Mm³

Variante 1 : le volume moyen annuel du lac augmente de 1.2 à 2.1 Mm³

Variante 2 : le volume moyen annuel du lac diminue

DISCUSSIONS

Stress hydrique.

```
graph LR; A[Stress hydrique.] --> B[Variante 0 : le volume moyen annuel du lac reste constant à 1.2 Mm³]; A --> C[Variante 1 : le volume moyen annuel du lac augmente de 1.2 à 2.1 Mm³]; A --> D[Variante 3 : le volume moyen annuel du lac diminue];
```

Variante 0 : le volume moyen annuel du lac reste constant à 1.2 Mm³

Variante 1 : le volume moyen annuel du lac augmente de 1.2 à 2.1 Mm³

Variante 3 : le volume moyen annuel du lac diminue

CHOIX DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

C'est quoi un système expert ?

Selon son acceptation générale, un système expert est un système d'aide à la décision. Il est la transcription logicielle approfondie et pluridisciplinaire des sensibilités écologiques d'une région, différentes informations peuvent être superposées et combinées pour identifier géographiquement les convenances pour

différents types de développement et d'utilisation. McHarg a mis en avant l'argument selon lequel la forme doit suivre plus que la fonction; son ouvrage repère "Design with Nature" publié en 1969 et qui avait elle doit aussi respecter l'environnement naturel. Ce système est à l'origine développé par l'écossais Ian McHarg dans eu une influence jamais égale à l'époque, dans le développement et

l'application des systèmes d'information géographique (SIG).

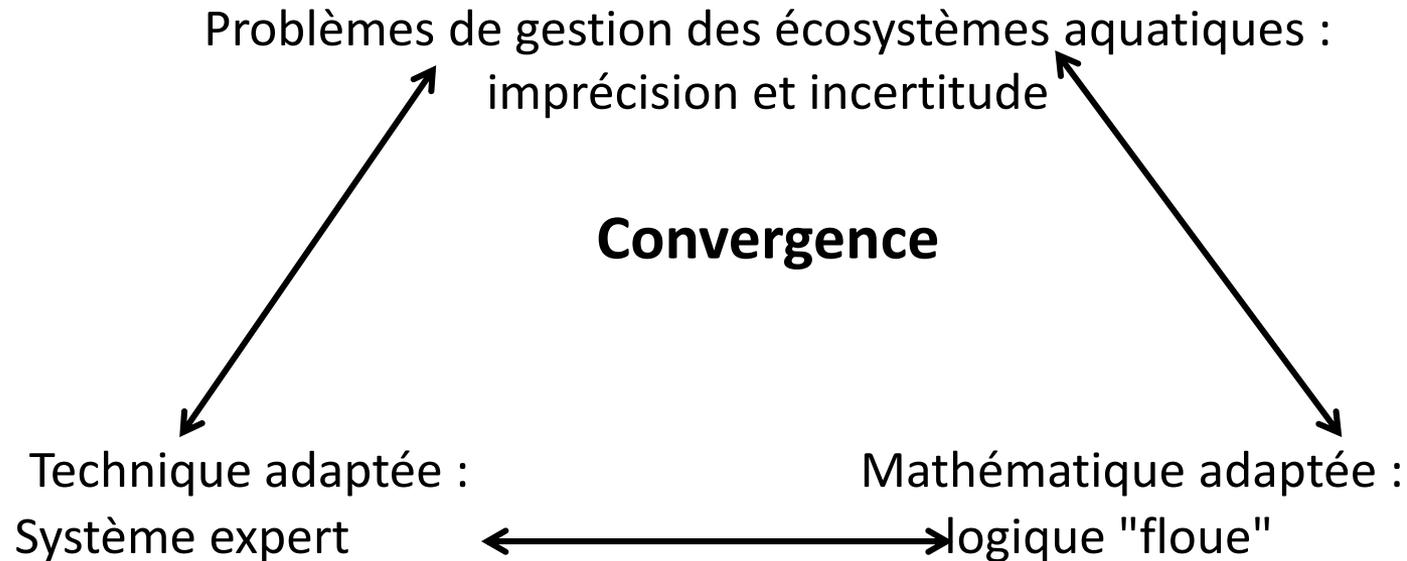
LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Ce choix découle de la nécessité de prendre en compte l'imprécision et l'incertitude qui caractérisent les écosystèmes et fait appel :

- **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 ».**

LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Figure 1 : Convergence entre les problèmes de gestion des EA, une technique et une mathématique



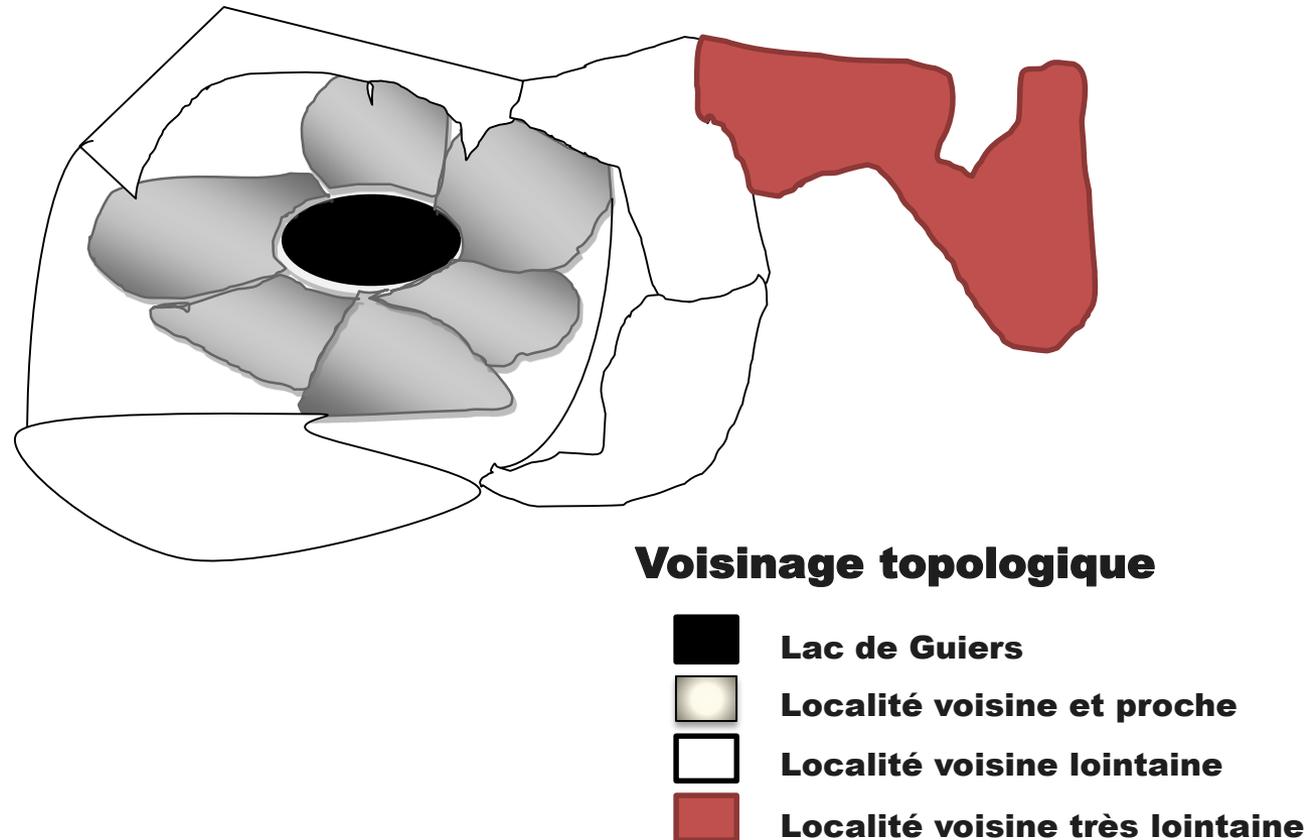
L'objectif est de proposer un *système-expert «flou»* qui répond à la spécificité et aux vecteurs d'imprécision et d'incertitude de l'approche par écosystème des milieux aquatiques.

LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Dans l'approche préconisée qui part d'un constat propre à la recherche opérationnelle «soft», nous retenons la nécessité, En effet, si nous prenons l'exemple de la ressource eau pour optimiser l'efficacité d'une décision d'action sur une dans le lac de Guiers, les usagers emane certes de la zone. Dans la démarche d'aide à la décision, nous chercherons à unité spatiale (le lac de Guiers par exemple) de tenir compte immédiate propre au lac, mais aussi des zones voisines, en garder et à tenir compte de cette spécificité, au sein, du de l'environnement géographique dans lequel elle est insérée fonction des moyens de transport, de la concurrence et de système-expert, dans la mesure où elle correspond à la et dont elle partage plus ou moins les caractéristiques 1. L'attrait qu'exercent les eaux. Ainsi, le lac participe à la fois réalité. En conséquence, nous considérerons que chaque géographiques aux caractéristiques de l'espace dont il fait entièrement unité spatiale est en fait intégrée dans un « espace flou » partie mais aussi, à des degrés divers, aux caractéristiques, dont elle partage (à des degrés divers) les caractéristiques, des espaces voisins, en même temps d'ailleurs que cet environnement participe plus ou moins des caractéristiques de l'unité considérée.

LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Figure 2 : Voisinage «flou» du lac de Guiers (figure Adapté de C. Rolland-May)



LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

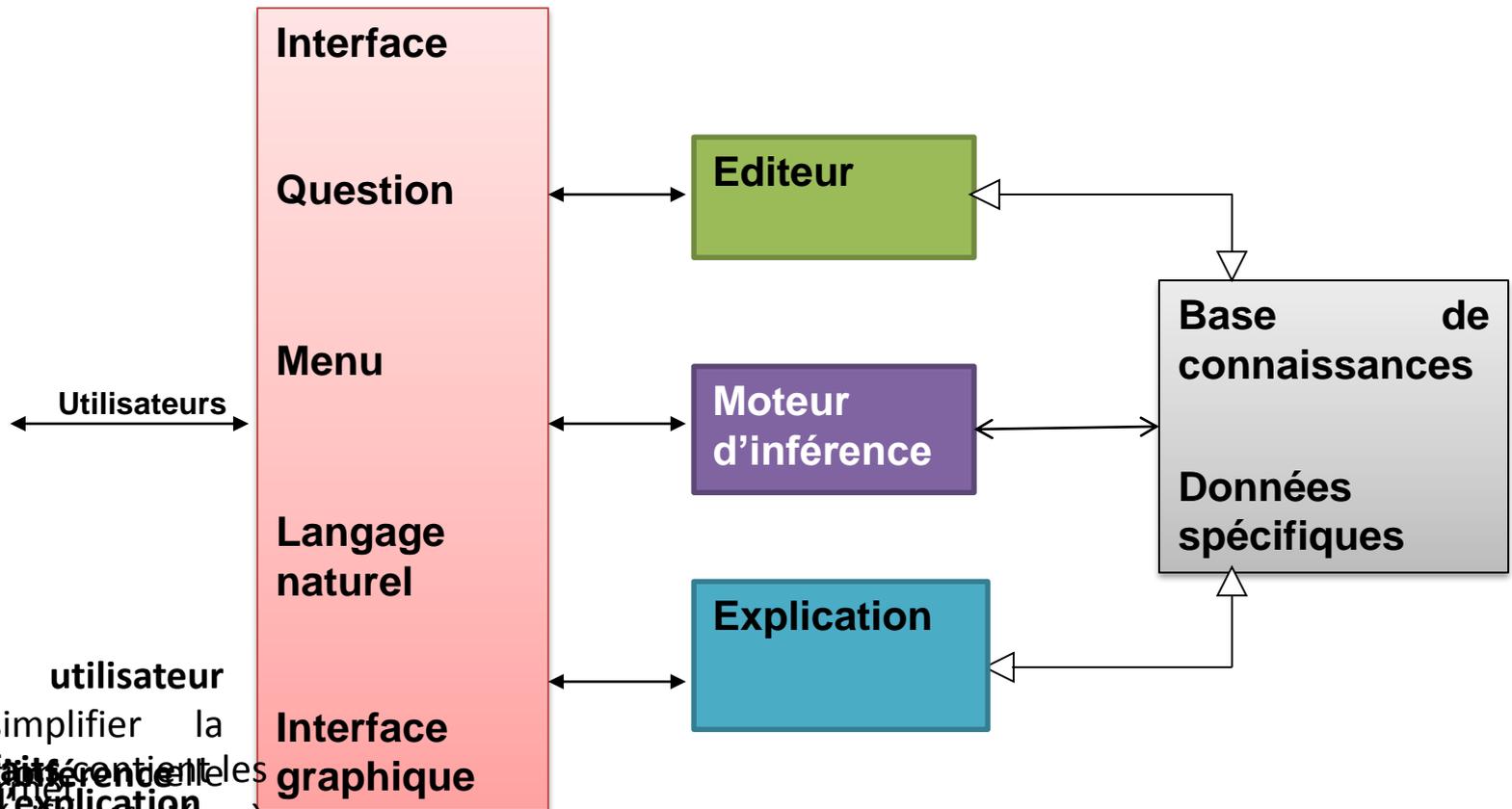
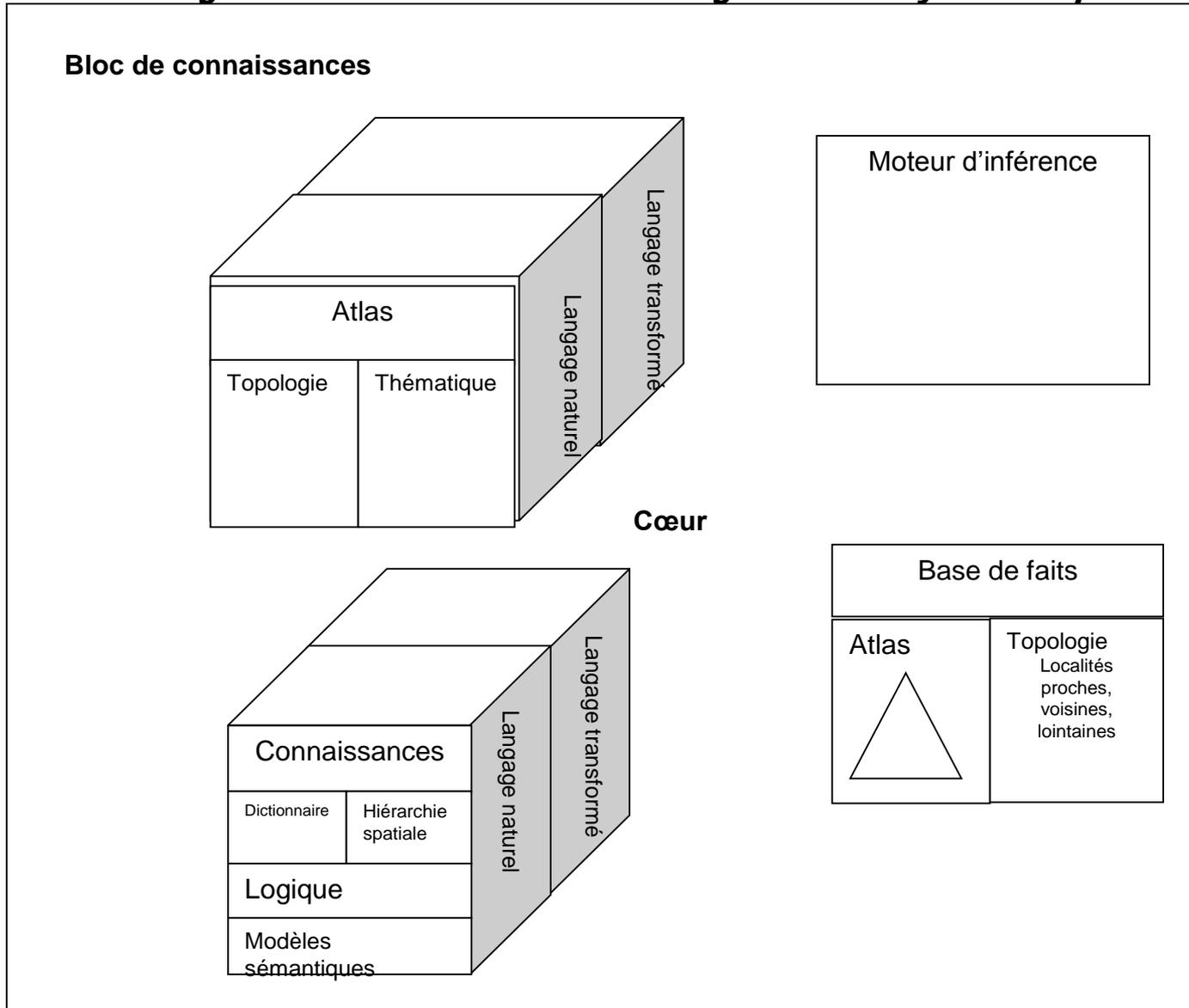


FIG.- Structure d'un système expert

L'interface utilisateur sert à simplifier la base de connaissances. Le module d'explication permet au système expert de communiquer ses conclusions partielles trouvées lors de l'inférence.

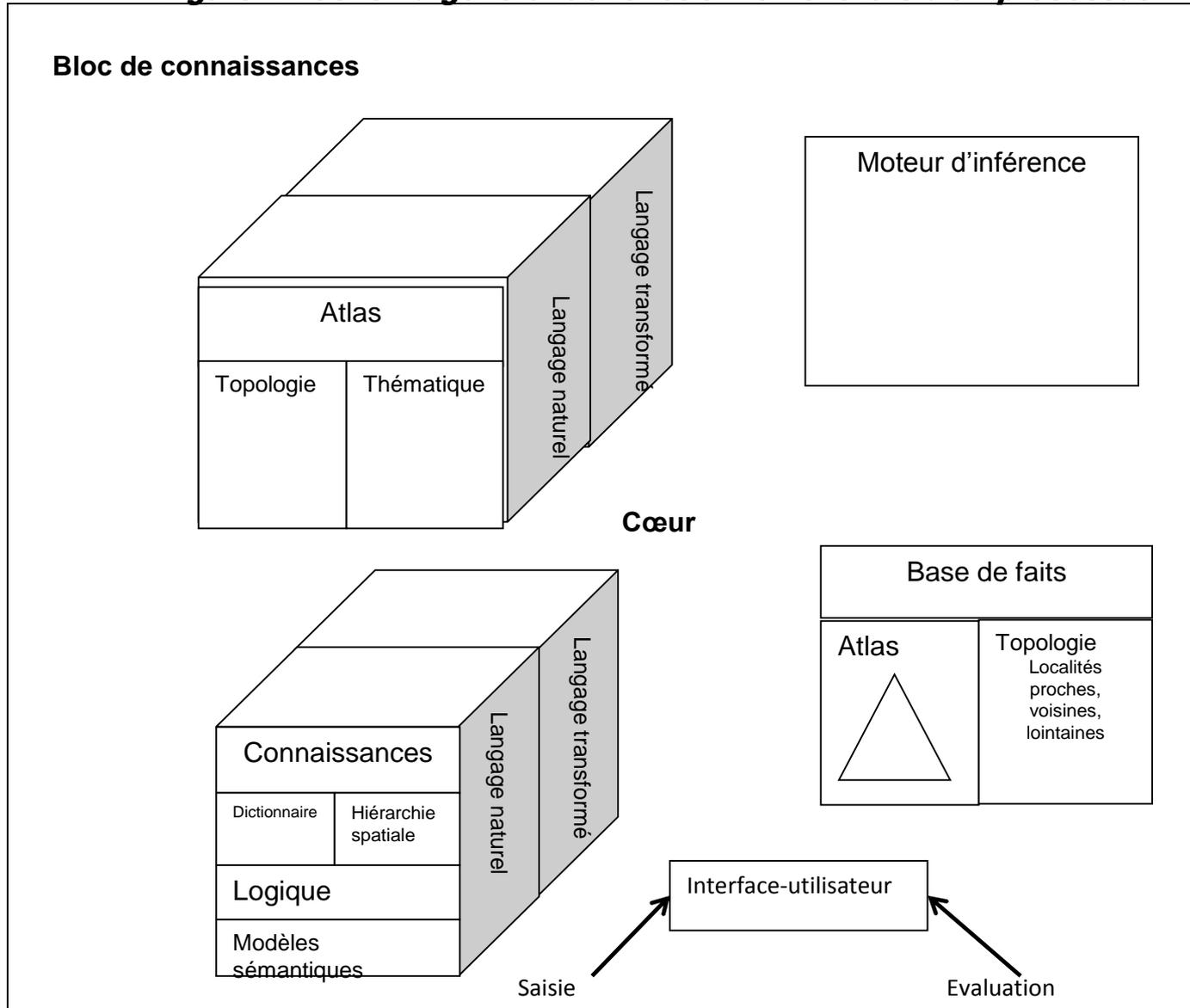
LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Figure 3 : Schéma de l'architecture générale du système-expert



LES BASES DU SYSTÈME EXPERT « FLOU »

Figure 4 : Schéma général de fonctionnement lors d'un processus



PERSPECTIVES

Après avoir jeté les bases d'un système-expert « flou » pour le lac de Guiers qui tient compte de la spécificité de la gestion des écosystèmes aquatiques et qui répond à la mise en œuvre d'une approche écosystémique qui respecte les contraintes du monde réel, tout particulièrement l'imprécision et l'incertitude, nous allons entamer une toute dernière phase qui consiste à ***implémenter*** le système-expert par l'intervention d'un ***ingénieur de connaissance (IA)***.

MERCI DE VOTRE ATTENTION

