L'application de la théorie des possibilités dans l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments

Essa Reem, Diab Youssef, Morand Denis

LGUEH, UMR 7136, l'université de Marne la vallée, 5 bd Descartes, 77454Marne la vallée cedex 2, essa@univ-mlv.fr

RÉSUME. *Dans l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments, les valeurs et les jugements ne sont pas facilement quantifiables et quelques décisions sont considérées comme subjectives. Cette recherche aborde ces problèmes et propose une méthode basée sur la théorie des possibilités. Celle-ci permet de qualifier les caractéristiques d'un bâtiment sans oublier de considérer la nature incertaine des données et l'imperfection des connaissances. La recherche a pour objectif d'aider les concepteurs à fiabiliser leurs résultats.*

ABSTRACT. *In the assessment of green buildings, values and beliefs are not easily quantifiable, and some decisions are considered as subjective. This research recognizes these problems and proposes a method based on the theory of possibility. It can qualify the characteristics of building without forgetting to consider the uncertain nature of the data and the imperfection of knowledge. Then it aims to help the designer to make reliable results of assessment*

MOTS-CLÉS : *évaluation environnementale, bâtiments, incertitudes, théorie des possibilités, sous ensembles flou.*

KEYWORDS: *environmental assessment, buildings, uncertainties, possibility theory, fuzzy sets.*

1. Introduction

Les connaissances par rapport à la qualité environnementale des bâtiments sont souvent imprécises et certains points de l'évaluation de cette qualité considèrent des décisions subjectives. Les acteurs des bâtiments utilisent des données qui ne sont pas toujours satisfaisantes au niveau de la précision, notamment parce que les valeurs et les croyances ne sont pas toujours quantifiées facilement. En conséquence, des formalismes représentant les informations incertaines (inadéquates) doivent être développés dans ce domaine.

La représentation des connaissances imparfaites et le raisonnement en présence d'incertitudes constituent un domaine très actif dans la recherche en intelligence artificielle (Motro, 1995). Ces incertitudes ont intéressé plusieurs chercheurs et beaucoup d'articles ont été écrits sur cette question. Toutefois, très peu de recherches ont été faites dans le domaine pour la qualité environnementale des bâtiments.

L'étude présentée ici aborde ces problèmes et propose une méthode pratique, basée sur la théorie des possibilités. Elle aide à qualifier les caractéristiques des bâtiments sans ignorer les incertitudes des données. Cela permettra à l'utilisateur d'ajouter une crédibilité dans l'utilisation d'une méthode française pour l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments (la NF Bâtiments tertiaires- démarche HQE®).

Cette communication sera décomposée en trois parties: dans un premier temps, une présentation des aspects conceptuels de la méthode d'évaluation NF-HQE® sera faite. Puis nous présenterons les incertitudes dans le secteur des bâtiments ainsi que les différentes modélisations des incertitudes pour ensuite justifier le choix de l'approche possibiliste. La troisième partie présentera notamment la méthodologie proposée pour intégrer les incertitudes dans cette évaluation.

2. Concept de la qualité environnementale des bâtiments

Dans le secteur du bâtiment, le besoin d'évaluer quantitativement les effets environnementaux des opérations de construction est devenu une condition pratique pour obtenir une construction durable.

Des méthodes d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments accompagnent maintenant les processus dès la conception et jusqu'à la démolition. Cependant, les avantages les plus significatifs peuvent être obtenus si l'équipe de projet retient ce type d'approche le plus tôt possible.
En adoptant cette stratégie, la performance tant économique qu'environnementale peut être maximisée. La méthode d'évaluation fournit généralement un jeu de cibles, qui sont utilisées comme un guide pour améliorer la conception. Les équipes de conception les utilisent pour mesurer la performance des bâtiments. Vue l'importance de ces méthodes, la plupart des pays ont des approches adaptées à leur contexte local.

2.1. *L'approche française pour la qualité environnementale des bâtiments*

L'approche française pour s'inscrire le secteur de bâtiments dans une perspective de développement durable est la Haute Qualité Environnementale HQE®. Le CSTB et l'AFNOR, mandatés par l'association HQE, ont mis en place une certification pour les bâtiments tertiaires (bureaux, écoles). C'est une des méthodes françaises d'évaluation. Les 14 cibles de cette méthode offrent un langage commun, décrivant précisément les caractéristiques environnementales d'un bâtiment et permettant ainsi de s'accorder sur des objectifs partagés par tous les acteurs. Ces cibles concernent l'éco-construction (relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat, le choix intégré des procédés et produits de construction, le chantier à faibles nuisances), l'éco-gestion (gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets

d'activités, entretien et maintenance), le confort (hygrothermique, acoustique, visuel, olfactif), la santé (conditions sanitaires, qualité de l'air et de l'eau) (CSTB 2005).

Malgré le fait que ce système de certification est très récent, il est déjà possible de décrire quelques faiblesses et forces. Bien évidemment, le fait de donner un contenu concret aux 14 cibles est très positif et utile. Néanmoins, du point de vue mathématique, un besoin de prendre les incertitudes en considération est aussi important. L'inexactitude ne peut pas être ignorée à long terme parce que tous les projets sont soumis à au moins un certain degré d'incertitude.

Les données de la certification sont divisées entre les cibles quantitatives et les cibles qualitatives. Les données quantitatives peut être présentées à une échelle numérique. Mais ce n’est pas le cas pour les données qualitatives. Les deux types de cibles sont face à l'imperfection : les avis personnels dans les préoccupations qualitatives sont souvent évalués subjectivement et les mesures dans les cibles quantitatives ne sont pas faites complètement sans erreur.La meilleure solution consiste de toute façon, quelque soit la méthode d’évaluation, d’améliorer la qualité des données d’entrée. Mais, malheureusement ce n'est pas toujours facile dans le domaine de la construction. En fait, l'imprécision devrait être prise en compte dès le début, en évitant l'utilisation de valeurs supposées précises lordque les informations ne sont pas fiables.

3. Modélisation d'incertitudes dans le domaine de constructions

L'erreur, l'imprécision et l'incertitude sont les termes associés à la notion d'imperfection. Les définitions de ces termes sont détaillées par (Bonna1, 2004) et (Motro, 1995).

Comme réponse au fait que la plupart des paramètres que nous rencontrons dans le monde réel ne sont pas précisément défini (Bouchon, 1992), beaucoup de techniques pourraient être utilisée pour intégrer les incertitudes. Chaque technique ou théorie mathématique est capable de considérer seulement certains types spécifiques d'incertitudes.

L'utilisation de la théorie des probabilités dans plusieurs domaines a donné des résultats importants (Bonnal, 2004). Cependant, parce que c'est une théorie particulièrement axiomatique, plusieurs limitations existent par rapport à des situations de processus décisionnel, particulièrement pour la qualité environnementale des bâtiments. Ces limitations résultent notamment du fait du nombre de données qui ne permet par une utilisation raisonnable de la loi de distribution.

La théorie des sous-ensembles flous a été appliquée à la prédiction, le processus décisionnel et le contrôle d'actions dans des environnements caractérisés par l'incertitude, le manque de précision, et la subjectivité. Dans le domaine de la construction, la modélisation d’incertitudes par des sous ensembles flous a été

utilisée pour plusieurs applications, notamment la chaîne d'approvisionnement (Petroivc et al, 1998), la planification de projet (Bonnal, 2004) et la simulation d'opérations de construction (Zhang, 2003). Le concept de base de cette théorie est le sous ensemble flou. C'est un ensemble d'éléments où chaque paramètre a une valeur associée dans l'intervalle [0, 1]. Le sous-ensemble flou trapézoïdal sera utilisé pour modéliser les paramètres quantitatifs dans cette étude. Il est montré dans la figure1.

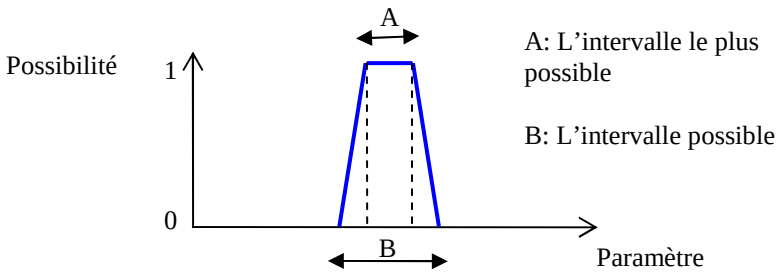

Figure 1. *Le sous ensemble flou trapézoïdal*

La théorie des possibilités est basée sur la théorie des sous-ensembles flous (Dubois, 1985). Cette théorie est une branche importante de logique floue (Zadeh, 2005). Dans cette théorie chaque variable a une distribution de possibilité associée Π. Celle-ci qualifie des valeurs de base de données avec des nombres pour décrire la possibilité que ces valeurs spécifiques soient correctes. Cette théorie peut évaluer quantitativement les critères qualitatifs, qui sont difficiles à évaluer par une valeur exacte (Seo et al, 2004). Grâce à sa capacité de manipuler des données imprécises et des contraintes flexibles qui sont dans la certification NF-HQE®, elle a été choisie dans le cadre de cette étude. Ceci pour deux raisons : la présentation simple et unique des incertitudes et des imprécisions, et la particularité de représenter les caractères vagues, flexibles et flous de qualificatifs du langage naturel.

En général, la distribution Π de possibilités est élaborée subjectivement en demandant la coopération de professionnels dans le domaine d'étude. En utilisant le principe d'extension, toutes les opérations arithmétiques peuvent être effectuées pour les sous ensembles flous, et les résultats seront des sous-ensembles flous eux-mêmes. Le processus de defuzzification est important parce qu'il peut traduire un sous ensemble flou pour donner un nombre. La méthode de defuzzification la plus populaire est certainement le calcul du centre de gravité. Cependant, le milieu de α-coupes proposées par Dubois, Fargier et Fortemps (Bonnal, 2004) semble être la façon la plus efficace de trouver la moyenne de n'importe quel intervalle flou. Cette proposition est basée sur la méthode expliquée par (Yager, 1981). Elle sera appliquée dans la méthodologie de notre recherche. Avec l'avantage de la linéarité, cette méthode ajoute à n'importe quel intervalle flou une quantité obtenue du milieu

des segments produits par α- coupes. La définition de α – coupes est montrée dans la figure 2.

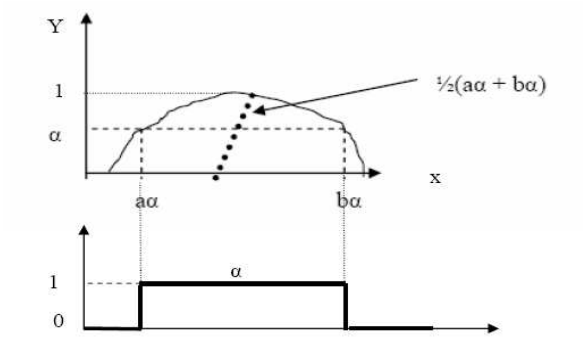

Figure 2. *Le calcul de la moyenne d'un intervalle flou*

4. Description de la méthode proposée

Dans la figure 3 nous pouvons trouver un exemple d'agrégation de sous- cibles dans la certification. La modélisation d'imprécision de paramètres sera faite à l'aide de la distribution de possibilité Π . Ces paramètres présentent les données qui aident à trouver le profil environnemental du bâtiment. Dans cet article, seules les incertitudes de paramètres quantitatifs vont être traitées.

En pratique, certaines contraintes imposées sont flexibles de nature ; elles utilisent des conditions tolérables. Dans ce cas, la représentation classique avec une bonne ou une mauvaise performance n'est pas la meilleure. Les contraintes flexibles trouvées dans la certification sont de type: "plus grand que" et "moindre que". La distribution de possibilité peut être utilisée pour les modéliser ces deux cas, et quelques contraintes complémentaires peuvent être ajoutées. La méthode développée dans cette étude associe un degré de crédibilité aux trois niveaux de fonctionnement dans la méthode NF-HQE (B pour Base, P pour performant et TP pour très performant) en fonction des caractéristiques du bâtiment étudié.

Le profile environnemental minimal de la certification NF-HQE ® selon les 14 cibles est obtenu quand trois cibles au moins ont un niveau d'évaluation très performant, 4 sont au moins qualifiées par le niveau performant et 7 cibles sont au plus attribuées à un niveau base de performance. L'addition de la crédibilité à cette évaluation aidera le concepteur à considérer les incertitudes des données disponibles. Une crédibilité faible indique que l'évaluation doit être revue à cause de l'inexactitude et du manque de précision des informations. Une crédibilité montre en revanche que les informations disponibles sont suffisantes.

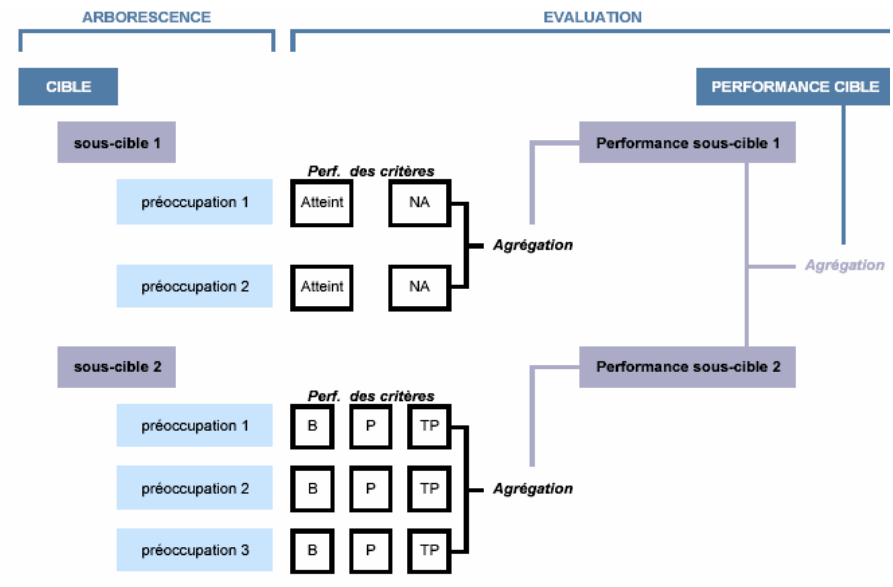

Figure 3. *L'agrégation dans la certification NF-HQE® (CSTB, 2005)*

5. *Les paramètres quantitatifs*

L'optimisation des consommations d'énergie constitue une sous-cible de la cible numéro 4 (gestion d'énergie). Dans cette sous – cible, il y a un critère qui compare le coefficient Ubat (W / m2. K), coefficient moyen de diminution par l'enveloppe du bâtiment calculé selon le RT2000 par la méthode TH-C (CSTB, 2005), avec une référence estimée $Ubat_{ref}$. Si Ubat < $Ubat_{ref}$ alors le résultat de l'évaluation de cette sous- cible est "Performant". Cette évaluation sera incluse dans l'évaluation de la cible finale. Pour montrer l'imprécision de cette donnée, la valeur d'Ubat a été modélisée avec la distribution de possibilité comme le montre la figure 4. La flexibilité dans la contrainte Ubat < Ubatref a aussi été modélisée grâce à la théorie des possibilités. L'objectif de ces modélisations est de déterminer le niveau de la crédibilité de l'évaluation effectuée. Cette crédibilité est le résultat d'un calcul de la compatibilité entre deux sous ensembles flous. Ce calcul est présenté pour la première fois par (Zadeh, 1978).

Dans l'exemple montré dans la figure 4, la fonction de contrainte indique que les valeurs d'Ubat les moins de 0.35 donneront la crédibilité maximale, et les valeurs supérieures à 0.377 ne mèneraient à aucune crédibilité. Entre 0.35 et 0.377, la crédibilité théorique diminue linéairement. Pour toutes les valeurs d'Ubat, la fonction

de contrainte est superposée sur la fonction d'incertitude. Chaque valeur corrèle avec un niveau de crédibilité et avec un niveau de possibilité comme le montre la figure 4. A titre exemple, la valeur 0.32 corrèle avec le niveau de crédibilité 1 et le degré de possibilité 0; ce point (I) est représenté sur le résultat de la combinaison. Toutes les valeurs d'Ubat sont étudiées et tous les couples de points sont transférés sur le diagramme final. Ce sous ensemble flou montre la possibilité de chaque niveau de crédibilité pour ce paramètre. Il formule les incertitudes dans l'évaluation de cette sous cible comme "Performant". Cependant, comme ce résultat doit être traduit par un nombre, l'utilisation de la defuzzification est nécessaire. L'application de la méthode de defuzzification (le milieu des α- coupes) donnera 0.375. Cette crédibilité montre que l'évaluation trouvée n'est pas parfaite. Nous considérons là que la crédibilité de l'évaluation est faible.

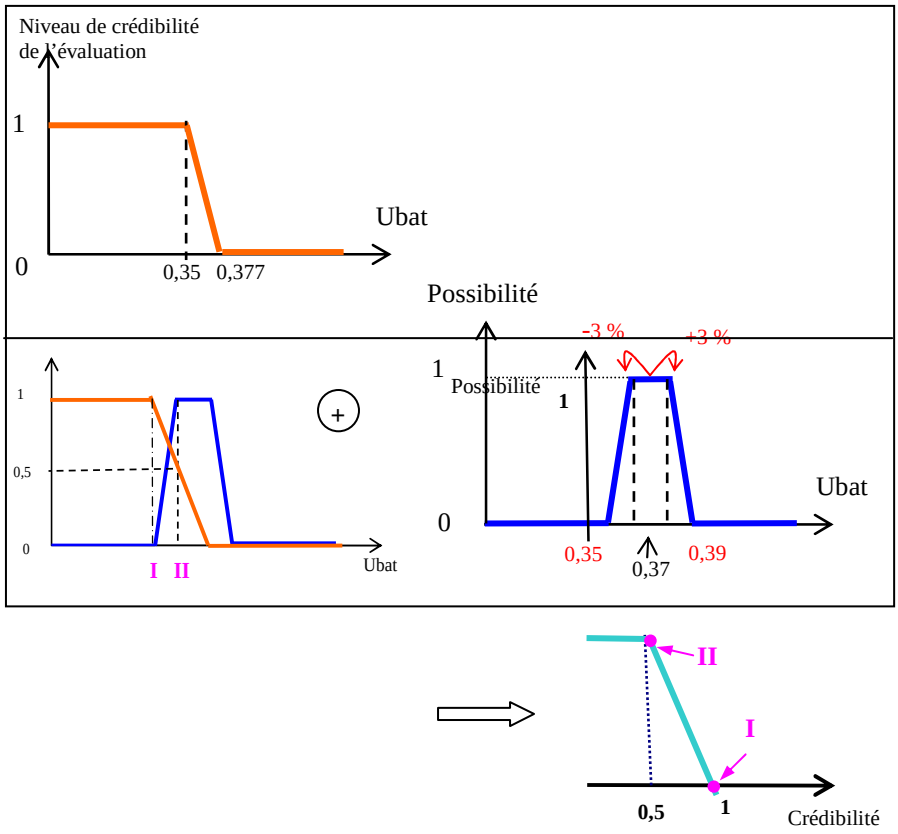

Figure 4. *Le calcule de la crédibilité de l'évaluation*

6. Conclusion

Le but de cet article est de fournir une étude d'application de la théorie des possibilités dans l'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments. Grâce à la souplesse de cett théorie, l'intégration des incertitudes dans les processus d'évaluation est rendu possible. Notamment pour des cas où l'information numérique est mal connue, ou insuffisamment décrite pour identifier une loi de probabilité.

Nous estimons qu'au-delà de la qualité environnementale, d'autres domaines du bâtiment pourraient bénéficier de ce type d'approche (on pensera notamment à la maîtrise des coûts, la maîtrise des délais, …).

7. Bibliographie

Bonnal P., et al, « Where do we stand with fuzzy project scheduling », *journal of construction engineering and management*, Vol. 130, n° 1, 2004, p. 114-128

Bouchon- Meunier B., *La logique floue, Que sais-je*? PUF, n° 2702, 1992.

CSTB., *NF-Bâtiments tertiaires-démarche HQE®, Référentiel technique de Certification*. http://assohqe.org/documents, 2005.

Dubois D., Prade H., *Théorie des possibilités. Application à la représentation des connaissances en informatique*, Edition Masson, 1985.

Motro A., « Imprecision and Uncertainty in Database Systems ». dans *Fuzziness in Database Management Systems*, Physica-Verlag, 1995. p. 457-476.

Petroivc D., Roy R., Petroivc R., « Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment », *European Journal of Operations Research*, vol. 109, 1998, p. 299–309.

Seo S., et al, « Fuzzy decision-making tool for environmental sustainable buildings », *Journal of construction engineering and management*, vol. 130 n° 3, 2004, p. 415-423.

Yager R., « procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval », Information sciences, Vol. 24, 1981, p. 143-161.

Zadeh L., «Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility», *Fuzzy Set and Systems*, vol. 1, 1978, p. 3-28.

Zadeh L., What is fuzzy logic and what are its applications? http://www.eecs.berkeley.edu/IPRO/Summary/03abstracts/zadeh.13.html , 2005.

Zhang H., et al., « Application of fuzzy logic to simulation for construction operations », *Journal of computing in civil engineering*, vol. 17, n° 1, 2003.