



**École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy
Université Henri Poincaré (Nancy1)
Institut Nationale Polytechnique de Lorraine
École National Supérieure d'architecture de Strasbourg
Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg**



**Mémoire de Master Design Global, spécialité
« Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis »**



**ÉCO-CONCEPTION EN ARCHITECTURE
PROPOSITION D'INDICATEURS BASÉS SUR UNE
MODÉLISATION 3D**

Nom de l'étudiant : Kamel LABBEN

**Laboratoire d'accueil
CRAI (Centre de Recherches D'architecture et d'ingénierie - Nancy)**

Sous la Direction de : Professeur Monsieur Jean-Claude Bignon

Septembre 2007

**École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy
Université Henri Poincaré (Nancy1)
Institut Nationale Polytechnique de Lorraine
École National Supérieure d'architecture de Strasbourg
Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg**

**Mémoire de Master Design Global, spécialité
« Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis »**

**ÉCO-CONCEPTION EN ARCHITECTURE
PROPOSITION D'INDICATEURS BASÉS SUR UNE
MODÉLISATION 3D**

Nom de l'étudiant : Kamel LABBEN

**Laboratoire d'accueil
CRAI (Centre de Recherches D'architecture et d'ingénierie - Nancy)**

Sous la Direction de : Professeur Monsieur Jean-Claude Bignon

Septembre 2007

REMERCIEMENTS

Mes sincères et profonds remerciements pour toute l'équipe qui travaille au CRAI, mes enseignants du master pour leur investissement dans cette formation et en particulier Monsieur Jean-Claude BIGNION pour ses conseils précieux portant sur la démarche généraliste de ma recherche. Il m'a donné une vision précise de ce qu'est un travail de recherche.

De la même manière, toute ma gratitude est témoignée pour tous mes collègues de la formation pour l'ambiance de travail de groupe durant l'année.

Merci

Sommaire

I- Introduction	5
II- Problématique	6

CHAPITRE : 1

III-État de l'art

III.1- méthodes et outils d'évaluation environnementale des bâtiments.....	8
1- Les méthodes de labellisation.....	8
➤ La Méthode HQE	8
➤ La méthode BREEAM.....	13
➤ Le label LEED USA (Leadership in Énergie and Environnemental Design).....	16
➤ La méthode CASBEE (Comprehensive Assessment Sustainable Building..... Environmental Efficiency)	21
➤ GB Tool (Green Building Tool) (CANADA).....	27
➤ La méthode VERDE.....	31
➤ La méthode Minergie –P.....	34
➤ La méthode Passivhaus.....	34
➤ La méthode HK-Beam.....	35
➤ NABERS (National Australian Building Environmental Rating System)..... (AUSTRALIE).	35
Conclusion.....	36
2- Les méthodes d'évaluation du cycle de vie (ACV).....	37
➤ Invest 2.....	37
➤ EQUER.....	40
➤ PAPOOSE.....	42

➤ TEAM 4.0.....	44
➤ BEES (Building Environmental and Economic Sustainability) (Etats Unis d'AMERIQUE).....	46
➤ Athena (Athena Environmental Impact Estimator) (CANADA).....	46
➤ LISA (Life Cycle Analysis In Sustainable Architecture) (AUSTRALIE).....	46
Conclusion.....	47
3- Les méthodes de type check-list.....	48
➤ Check-list SEEDA (South East England Development Agency).....	48
III.2- Méthodes ou Systems de soutien de planification environnementale de projet d'architecturez.....	52
2.1- Méthodes de soutien de la conception.....	52
Le processus de conception intégré (PCI)	
Conclusion.....	56
2.2- Référentiel du système de management environnemental pour le maître d'ouvrage	57

CHAPITRE : 2

IV- Contexte de l'étude.....	66
1- La Préoccupation environnementales des bâtiments et développement durable.....	66
2- La démarche environnementale conceptuelle de projet.....	68
2.1-Phase préconception:	
a- Choix et diagnostic environnemental de site	
b- Pré programmation	
c- Programmation	
2.2-Phase conception	

a- Esquisse	
b- Avant projet	
c- Étude de projet	
3- La prise en compte de la troisième dimension dans la démarche environnementale de projet.....	69

CHAPITRE : 3

V- Recherche d'une méthode.....	70
1- Les attentes.....	70
2- Les hypothèses.....	70
3- Proposition des méthodologies.....	71
3.1- L'approche.....	71
3.2- Mise en place de l'approche.....	76
3.2.1- Proposition	
3.2.2- la composition modulaire de l'outil proposé	
3.2.3- la structure de l'outil	
3.2.4- la décomposition de la structure de l'outil	
3.2.5- Schéma de principe des relations entre les composantes de l'outil	
3.2.6- Principe de fonctionnement de l'outil	
3.2.7- L'approche par interfaces	

CHAPITRE : 4

VI- Choix a développé (Module Confort visuel).....	83
1- Définition.....	83
2- Critères d'évaluation.....	83
3- Mode de mesures.....	83
3.1- Mesure d'ordre technique	
3.2- Mesure d'ordre physique environnementale	
4- Aspects environnementaux et économiques	84
5- L'Approche d'optimisation du confort visuel.....	86
6- Information technique, physique environnementale associée par model géométrique (Hypothèse 4).....	91
7- Indicateur d'évaluation a l'issu de chaque phase ou étape.....	92
8- Schéma de principe des relations entre composantes du module confort visuel.....	93
9- Approche par interfaces.....	94

9.1- Phase préconception.....	94
9.2- Phase esquisse.....	95
9.3- Phase avant projet.....	98
9.4- Phase étude de projet.....	101
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	102
BIBLIOGRAPHIE	

I- Introduction

Ce sujet d'étude s'étalant sur 6 mois et portant sur la dimension environnementale des bâtiments et la recherche d'une méthode d'aide à l'éco-conception de projet d'architecture, est déroulée au sein du laboratoire **CRAI** (centre de recherche d'architecture et d'ingénierie) de l'ENSA de Nancy sous la direction du professeur Monsieur Jean-Claude Bignon, et s'est basée sur des travaux de documentation, d'analyse critique des méthodes d'évaluation environnementale des bâtiments, pratiquées actuellement ainsi que la réflexion sur des méthodologies d'approche pour l'aide à l'éco-conception qui se sont succédés.

La construction en préservant l'environnement, nécessite le surpassement du mode actuel de la conception architecturale et la recherche d'un compromis considérable avec l'influence environnementale remarquable des bâtiments. Le renouvellement du processus conceptuel du projet d'architecture nécessite l'intégration d'une démarche environnementale préalable valorisant la réflexion à la performance écologique souhaitable du projet. Ce qui confère à l'édifice l'aptitude de satisfaire les besoins de maîtriser des impacts sur l'extérieur et de créer un environnement intérieur confortable et sain (confort de vie et protection de la santé).

L'établissement d'une démarche conceptuelle environnementale du projet est une activité assez complexe, ce qui demande une vision générale des différents paramètres de la préoccupation environnementale de bâtiment. Ainsi le projet est un compromis entre plusieurs critères environnementaux conflictuels, dans une synergie du processus de la conception. Cette démarche sollicite souvent une recherche d'informations satisfaisantes de mesure et de simulation contenue à l'issue de chaque phase ou étape de la conception. Durant le processus de conception, la ré vérifications d'ordre technique et des résultats obtenus des différentes simulations, dans un système d'exploitation d'indicateurs qualitatives et quantitatives dans une prise en compte d'évolution de degré d'information selon l'avancement de la conception dans son contexte de prescription géométrique 3D qui représente à la fois une nécessité et une innovation dans la démarche conceptuelle pour atteindre les objectifs environnementaux souhaitables du projet.

Dans ce contexte, on souligne l'importance de la recherche d'une alternative qui puisse contribuer à l'amélioration du processus de la conception des bâtiments. Cette recherche vise à trouver une méthode qui permet de concevoir des bâtiments respectant l'environnement en tenant compte des spécificités du site. Notre objectif est d'être capable de construire des bâtiments écologiques efficaces grâce à une méthode mise en œuvre par un outil numérique. On présente ainsi une réflexion sur un outil d'aide à l'éco-conception. Pour planifier cet outil, nous devons nous baser sur l'exploitation des indicateurs d'ordre technique, physique - environnemental dans une approche analytique de mesure et d'évaluation, selon le degré des informations disponibles à l'issue de chaque phase de la conception. La mesure et l'évaluation sont enrichies dans un espace descriptif géométrique 3D du bâtiment, vu la variation du niveau de mesure des paramètres environnementaux prise en compte dans la conception selon la hauteur et leur influence sur la performance environnementale de chaque niveaux du même immeuble. C'est ce qui nous guide au choix d'une

maquette numérique qui satisfait aux normes qualitatives et à notre problématique ainsi que la possibilité de quantification des produits et matériaux utilisés dans le modèle géométrique 3D.

Les procédures qui permettent de formaliser la recherche, dans les lignes générales, sont présentées dans les étapes suivantes :

Dans un premier temps, **la problématique** expliquant plus précisément la pertinence de ce sujet.

Ensuite, nous avons réparti notre travail en quatre chapitres :

Chapitre 1 : ce chapitre propose en première temps, un **état de l'art** des différentes méthodes d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments ainsi que leurs classifications, la méthodologie d'évaluation adaptée et les différents critères environnemental pris en compte dans chaque méthode. Puis, dans un second temps on présente les différentes méthodes ou systèmes de soutien de la planification environnementale de projet d'architecture.

Chapitre 2 : ce chapitre est composé de trois parties traitant **le contexte de l'étude** dans ces différentes concavités ; La préoccupation environnementale du bâtiment, la démarche environnementale conceptuelle de projet d'architecture et la prise en compte de la troisième dimension dans l'approche environnementale ainsi que le processus d'évaluation quantitatif et qualitatif.

Chapitre 3: Ce chapitre représente **la recherche d'une méthode**, et expose clairement les objectifs fixés de ce travail et les hypothèses à considérer ainsi que leurs analyses en proposant les différentes solutions possibles. Dans ce chapitre, on expose la méthodologie d'approche à la réflexion sur l'outil numérique d'aide à l'éco-conception de projet d'architecture ainsi que la mise en place de la méthodologie sous la forme de proposition.

Chapitre4: ce chapitre propose le choix développé sur **la thématique du confort visuel et l'optimisation de l'éclairage naturel**. Il est composé de plusieurs parties explicatives de la réflexion sur la méthode d'aide à l'éco-conception proposée ci-dessus ainsi que la démarche d'optimisation du confort visuel, critères d'évaluation, mode de mesure, information technique physique - environnementale associée par model géométrique et indicateurs d'évaluations à l'issu de chaque phase ou étape de processus de la conception.

Nous concluons finalement qu'en raison de temps, il reste à développer les différentes thématiques de la préoccupation environnementale des bâtiments ainsi que la méthode adoptée pour résoudre la contradiction entre les différents critères opposés contenu dans notre outil numérique d'aide à l'éco-conception.

II- Problématique

Les impacts environnementaux de la construction sont importants. En considérant les enjeux démographiques liés à la croissance explosive de la population mondiale et leurs besoins en infrastructures, ces impacts vont fortement s'intensifier pour tendre à répondre aux besoins de la population croissante avec la multiplication du nombre des nouveaux édifices, et ce à une vitesse folle.

Tout au long de leur cycle de vie, les bâtiments ont été responsables ; Dans le monde ; de 40% des émissions de CO₂, de 40% de la consommation des ressources naturelles et de 40% des déchets générés¹. Le secteur a aussi des impacts importants en termes sociales (santé/sécurité, qualité de vie) et économiques (emploi, productivité, lien entre développement et besoin en infrastructures, corruption). Réconcilier trois mondes en contradiction, soit : économique, environnemental et sociétal. Pour assurer un développement maîtrisé et raisonné, et impliquant la solidarité entre les peuples et les générations futures : naît le concept de développement durable. Ce dernier, apparaît aujourd'hui comme fédérateur. Si nous adoptons ce concept, nous sommes amenés à étudier son application dans les différents secteurs économiques et donc en particulier à étudier son application dans le secteur de la construction et de l'architecture.

Le développement durable en architecture ; concerne l'utilisation efficiente des matériaux, la technique de construction à moindre impact environnemental, l'utilisation rationnelle de l'énergie et l'application des techniques énergétiques renouvelables aux projets architecturaux.

La qualité environnementale d'un bâtiment est son aptitude à satisfaire trois exigences :

- Maîtriser les impacts sur l'environnement ;
- Créer un environnement confortable et sain pour ses utilisateurs ;
- préserver les ressources naturelles ;

Cela s'applique au bâtiment mais plus largement à l'urbanisme et à l'aménagement du territoire. D'où la nécessité du renouvellement de la démarche du projet d'architecture dans ses différents types d'opérations: la construction neuve, la réhabilitation ou la rénovation. Il s'agit non seulement d'inventer des édifices d'une qualité architecturale, mais aussi de s'interroger sur l'adaptation du bâtiment à long terme vis à vis de la société, l'économie et l'environnement en profonde transformation et à échelle planétaire. Ce qui confère à l'édifice l'aptitude de satisfaire les besoins de maîtriser les impacts sur l'extérieur et de créer un environnement intérieur confortable et sain (confort de vie et hygiène).

¹ <http://www.constructiondurable.com>

Le projet d'architecture peut :

- Prendre sérieusement en compte l'environnement et participer à sa protection contre la dégradation.
- Favoriser une synergie entre l'édifice, la qualité de vie et l'environnement.

La mise en œuvre de la démarche d'amélioration de la qualité environnementale des bâtiments a rapidement montré qu'il s'agissait moins d'une question technique que d'une question de management.

L'objet de cette étude de recherche est de réfléchir à une méthode qui permet d'accompagner, de structurer, et dégager une amélioration continue de la qualité environnementale du projet à partir des phases amont de la démarche conceptuelle. Le résultat doit permettre d'obtenir la performance environnementale souhaitable de la construction à réaliser.

Notre travail s'intéresse à la réflexion sur un outil de soutien et d'aide à l'éco-conception architecturale à base d'indicateurs techniques, physiques-environnementaux. Notre approche sera basée sur la démarche conventionnelle de l'approche conceptuelle du projet avec ces différentes phases. Ainsi la mise en compte de la troisième dimension dans la démarche conceptuelle et la préoccupation environnementale des bâtiments dans une alliance générale des différents paramètres environnementaux en tenant compte de l'aspect contradictoire de ceux – ci entre eux et la méthodologie à adopter pour la résolution de ce conflit.

CHAPITRE : 1

III- L'état de l'art

III.1- Les différentes méthodes et outils d'évaluations environnementales des bâtiments

Classification

On peut classer ces outils et démarches selon trois catégories :

- Les méthodes de labellisation
- Les méthodes d'évaluation de cycle de vie
- Les méthodes de type check-list

1- Les méthodes de labellisation

Un système de labellisation définit le niveau de performance nécessaire et les seuils à atteindre. C'est une référence nationale dont le label de qualité environnementale est attribué à un bâtiment. Ce système fournit des certificats ou des labels reflétant la qualité environnementale d'une construction.

➤ La Méthode HQE

-Pays d'origine : **France**

- Créé-en : 1993

-Élaborée par : Association. HQE, CSTB et ADEME

-Concept : Label

-Type bâtiment : tout type de bâtiments

• Description

La démarche HQE est la méthode française la plus utilisée pour l'architecture écologique, d'abord une approche, celle de "management de projet" visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables. Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité.

• Méthodologie

Le certificat HQE évalue parallèlement la Qualité Environnementale des Bâtiments (QEB) et le Système de Management Environnemental du projet (SME) par l'intermédiaire d'un référentiel à deux dimensions.

La méthode HQE est définie par 14 cibles classifiées selon deux domaines visant aussi bien l'impact environnemental des bâtiments que la qualité de l'environnement intérieur en lien avec le confort et la santé. Chaque domaine est constitué également de deux familles.

Dans un premier temps, le Maître d'Ouvrage définit un ordre de priorité des cibles. Les différents critères élémentaires correspondent à chaque cible et les indicateurs associés peuvent être qualitatifs ou quantitatifs au niveau du système qualité ou des objectifs. Ensuite, l'indicateur associé à un critère de performance peut prendre 3 niveaux (base/haut/très haut). L'agrégation des différents critères élémentaires donne les performances de chacune des 14 cibles. Pour obtenir le label, le bâtiment doit atteindre le profil minimum défini par au moins 3 cibles évaluées au niveau très haut, 4 cibles évaluées au niveau haut et un maximum de 7 cibles évaluées au niveau de base, selon la classification faite par le Maître d'Ouvrage.

- **Critères d'évaluation**

Eco-construction	
C 1 : relation harmonieuse du bâtiment avec son environnement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accessibilité 2. Utilisation des opportunités offertes par les vues et les alentours 3. Objectifs des autorités municipales et locales pris en compte
C 2 : produits et procédés de construction	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durée de vie 2. Accessibilité à des fins d'entretien 3. Contribution des produits aux impacts environnementaux 4. Choix de produits à faible impact environnemental 5. Impacts des produits utilisés sur la santé et le confort
C 3. construire en accord avec l'environnement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantification des déchets 2. Caractérisation des déchets 3. Tri des déchets non conformes 4. Impacts environnementaux locaux (bruit, poussières) 5. Économies d'énergie et d'équipements durant la construction
Eco-gestion	
C 4 : gestion de l'énergie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveau global de consommation d'énergie pour le chauffage, la climatisation, l'eau chaude et l'électricité 2. Émissions de CO2 (PRG)/m² par an SO₂/m²/an Déchets radioactifs 3. Produits de fixation et liants contenant des

	substances dangereuses 4. Produits isolants contenant des substances dangereuses
C 5 : gestion de l'eau	1. Réduction de la consommation d'eau 2. Réduction de la consommation d'eau potable
C 6 : gestion des déchets d'activités	Caractérisation des déchets d'activités
C 7 : entretien	Entretien des systèmes de chauffage, de climatisation et d'approvisionnement en eau
Confort	
C 8 : confort hygrothermique	1. Confort hygrothermique d'été et d'hiver 2. Régulation de la température intérieure 3. Vitesse de ventilation de l'air 4. Énergie solaire
C 9 : confort acoustique	1. Bruits provenant d'autres pièces ou d'équipements Bruits d'impact 2. Volumes importants
C 10 : confort visuel	1. Accès à la lumière naturelle (directe ou indirecte) 2. Vues sur l'extérieur 3. Facteur d'éclairage naturel 4. Effet d'éblouissement 5. Niveau de qualité de la lumière
C 11 : confort olfactif	1. Ventilation permettant d'évacuer l'air pollué 2. Identification des sources d'odeurs
Santé	
C 12 : conditions sanitaires des bâtiments	Effet électromagnétique
C 13 : qualité de l'air ambiant – propreté de l'environnement intérieur	1. Ventilation permettant d'évacuer l'air pollué 2. Identification des sources d'odeurs
C 14 : qualité de l'eau	Choix des matériaux afin de gérer l'eau selon des considérations sanitaires

Tableau (1): paramètres environnementaux utilisés dans la méthode HQE.

• **Outil d'évaluation**

Afin d'aider les concepteurs et les clients utilisant la démarche de HQE, le C.S.T.B. a développé la méthode ESCALE adaptée au processus itératif de conception et fournit des résultats compréhensibles et interprétables. Cette méthodologie tient compte aussi bien des phénomènes environnementaux (contexte physique, c.à.d. relations entre les systèmes et l'environnement techniques) que des contraintes opérationnelles (contexte humain, c.à.d. divers acteurs impliqués et processus de conception).

La méthode ESCALE a une structure arborescente selon 11 critères principaux, déclinés dans différents sous-critères. L'évaluation est réalisée en deux étapes : d'abord, une valeur est attribuée à l'indicateur du critère. Ensuite, cette valeur est placée sur une échelle de performance (allant de -1 à +5). Cette échelle de performance est caractérisée par une valeur de référence (0) qui correspond à la pratique courante ; une valeur plus basse (-1) pour les pratiques au-dessous de la normale ; une valeur supérieure (+5) pour la meilleure pratique techniquement réalisable et par une fonction de performance qui fait le lien entre la valeur de l'indicateur et la valeur numérique de -1 à +5. Cette fonction de performance est spécifique à chaque critère. L'évaluation de chaque critère ou sous-critère est le résultat obtenu par combinaison pondérée des évaluations des niveaux précédents de la structure arborescente. De plus, deux types de modèles d'évaluation ont été développés pour chaque critère : un modèle de simplification qui s'adapte au croquis et pré-conçoit la phase et un modèle détaillé pour la conception détaillée et la phase d'exécution.

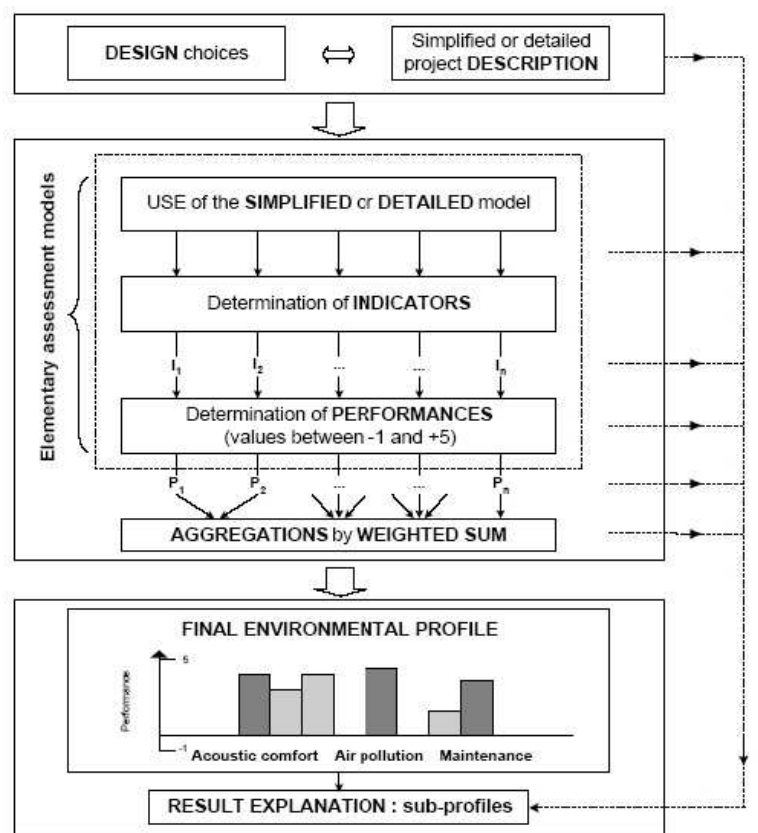


Fig1 : Schéma de résultat d'évaluation d'ESCALE- Final Profile

- **Rendement et résultats :**

Le rendement de la méthode d'ESCALE est un profil environnemental fait de 24 critères. Le profil de rendement peut être décomposé en sous-profil explicatifs afin de détailler les résultats de performances obtenus.

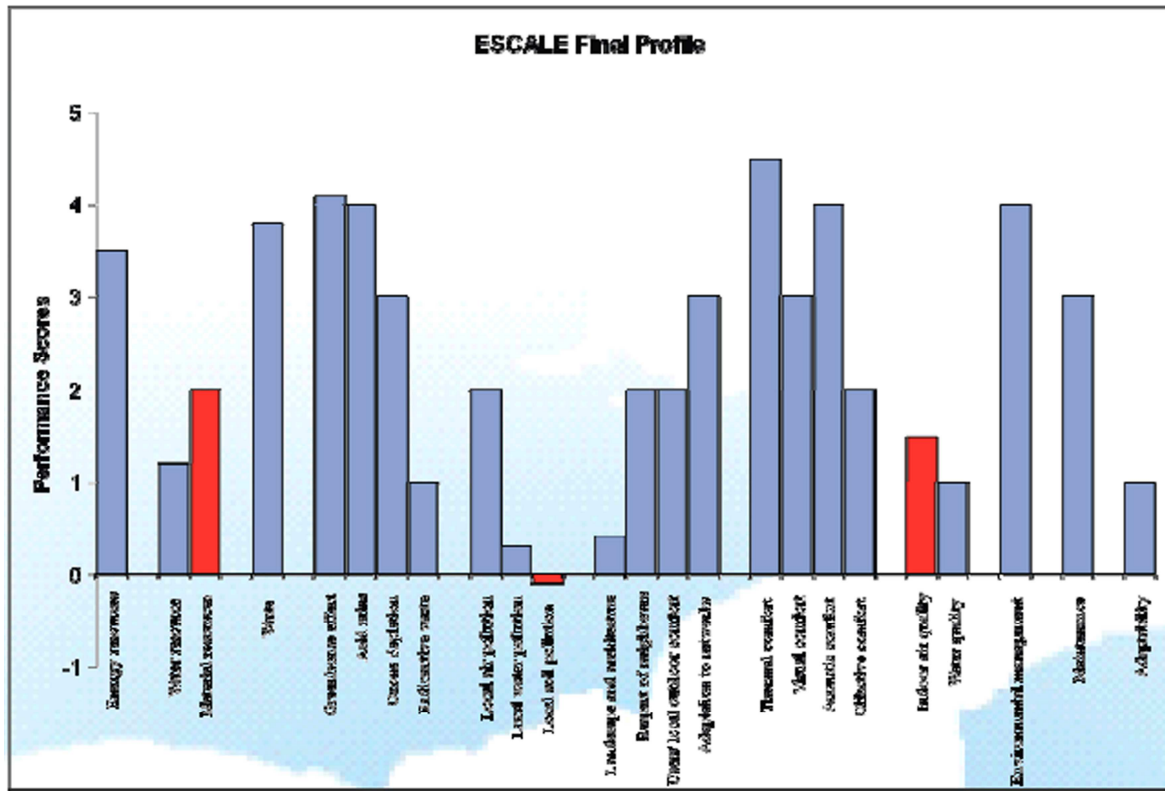


Fig2 : Schéma des résultats d'évaluation d'ESCALE Final Profile

➤ **La méthode BREEAM**

-Pays d'origine : Grande Bretagne

-Crée-en : 1990

-Élaborée par : le BRE (Building Research Establishment Limited)

-Concept : Label

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

• **Description**

Cette méthode d'évaluation environnementale est développée par BRE Ltd. (Building Research Establishment Limited) en Angleterre. Elle permet d'apprécier la qualité environnementale des nouveaux bâtiments, durant leur phase de conception, et des constructions existantes, au Royaume-Uni. Il en existe plusieurs versions selon la vocation du bâtiment en question : BREEAM for Offices, EcoHomes, BREEAM Retail, Industrial BREEAM, BREEAM Schools et Health Buildings.

Type de bâtiments d'application

Bureaux	Conception et Équipements
	Fonctionnement et Gestion
	Intérieur
Maisons	EcoHomes
Locaux des activités économiques tertiaires	Conception et Équipements
	Équipements pour la location
	Fonctionnement et Gestion
D'autres	Version Bespoke BREEAM

Tableau(2): type de bâtiments d'application de la méthode BREEAM

- **Méthodologie**

Le promoteur ou le concepteur remplit un formulaire dans lequel toutes les pondérations environnementales envisagées par la méthode BREEAM sont appréciées. Puis, l'évaluation est réalisée par des contrôleurs formés et agréés.

Les professionnels spécialisés et qualifiés par le BRE entreprennent des évaluations des bâtiments. L'évaluation est divisée en neuf catégories principales. Pour chacun des critères présentés, le bâtiment est évalué contre des critères de performance fixés par le BRE. La qualité environnementale est évaluée selon un système de cotations attribuées selon des critères. Un système d'évaluation environnementale est alors appliqué à travers neuf points de catégorie. En général, ces points sont estimés par la BREEAM de "passable", "bon", "très bon" ou "excellent".

Le système de cotation environnementale est prédéterminé par un comité consultatif national (à travers un éventail d'acteurs professionnels et d'autres financiers au Royaume Uni) et mis à jour de temps en temps. En aucun cas, les utilisateurs ne peuvent appliquer leurs propres critères individuels d'évaluation. En effet, le contenu de la méthode BREEAM est mis à jour chaque automne pour s'assurer de la prise en compte des meilleures pratiques en vigueur et tenir compte des évolutions techniques et législatives.

- **Critères d'évaluation**

L'exécution environnementale est évaluée au-dessous de neuf catégories principales :

	Catégorie	Critères
01	Gestion	Politique globale, commissionnement et procédures
02	Santé et confort	1. Éclairage naturel 2. Isolation acoustique 3. Espace privé
03	Énergie	1. Émission de CO2 2. Performance de l'enveloppe du bâtiment 3. Espace de séchage 4. Électroménager portant un écolabel 5. Éclairage extérieur
04	Transport	1. Transport public 2. Local à vélos 3. Aménagements locaux 4. Télétravail
05	Consommation de l'eau	Consommation et efficacité d'usage de l'eau 1. Utilisation interne des eaux 2. Utilisation externe des eaux
06	Matériaux	1. Bois : éléments de base du bâtiment 2. Bois : éléments de finition 3. Matériaux recyclables

		4. Impact environnemental des matériaux
07	Utilisation du sol	Espaces verts et espaces urbanisés
08	Écologie du site	1. Valeur écologique du site 2. Valorisation écologique 3. Protection des caractéristiques écologiques 4. Modification de la valeur écologique du site 5. Emplacement du bâtiment
09	Pollution	1. Isolation PDO et PRP 2. Émission de NOx 3. Réduction de l'écoulement de surface 4. Source d'énergie à émission nulle

Tableau (3): paramètres environnementaux utilisés dans la méthode BREEAM.

- **Outil d'évaluation**

Par un système de cotations L'attribution de points, appelés « crédits », est ventilée à travers les paramètres susmentionnés, en fonction de la performance. Un ensemble de pondérations environnementales permet ensuite de comptabiliser la totalité des crédits et d'obtenir ainsi une note globale. Le bâtiment reçoit alors la mention « passable », « bien », « très bien » ou « excellent ».

- **Rendement et résultats**

Le résultat de l'évaluation de BREEAM est une labellisation du bâtiment.

➤ **Le label LEED USA (Leadership in Énergie and Environnemental Design)**

-Pays d'origine : États-Unis

-Créé-en : 1998

-Élaborée par : US Green Building Council

-Concept : Label

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

• **Description**

Le système LEED (Leadership in Énergie and Environnemental Design), développé par le US Green Building Council, est une norme nationale de développement de bâtiments durables. Il

S'applique aux nouvelles constructions commerciales et aux réfections majeures (LEED-NC), aux opérations d'immeubles existants (LEED-EB), aux projets d'intérieurs commerciaux (LEED-CI), aux projets « core and Shell » (projets de conception et de construction dans lesquels les intérieurs ne font pas partie du processus) (LEED-CS), aux habitations (LEED-H) et au développement de quartiers (LEED-ND). Un certain nombre de paramètres sont étudiés. Puis, la construction obtient une note correspondant à une certification : certifié, argent, or ou platine.

• **Méthodologie**

La méthode LEED implique des processus d'évaluation et de certification composés de plusieurs parties. L'organisation LEED for Homes Provider emploie des évaluateurs qui vérifient les mesures d'installation et contrôlent la performance des habitations. Dans leur ensemble, les LEED Professionnels sont des consultants qui travaillent auprès des constructeurs. Enfin, la LEED Faculty propose des services de formation et de développement de programme. Le processus de vérification se divise en quatre phases : l'inspection, le contrôle de la performance, la notation et la certification. Au cours de chacune de ces étapes, la participation du fournisseur est obligatoire.

• **Critères d'évaluation**

Le tableau ci-dessous présente les paramètres qu'utilise la méthode LEED pour les habitations.

Emplacement et facteurs associés	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sélection du site 2. Infrastructures 3. Ressources de la communauté 4. Aménagement dense
Durabilité du site	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestion du site 2. Paysagisme 3. Ombrage du paysagisme à base de roaille 4. Gestion des eaux de surface 5. Désinsectisation non toxique

Gestion efficace des eaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réutilisation des eaux 2. Système d'irrigation 3. Utilisation interne des eaux
Qualité environnementale intérieure	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilation des gaz de combustion 2. Contrôle de l'humidité 3. Ventilation extérieure 4. Évacuation locale 5. Répartition de l'air 6. Filtration de l'air 7. Contrôle des contaminants 8. Réduction de l'exposition au radon 9. Réduction de l'exposition aux émissions des véhicules
Matériaux et ressources	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taille de l'habitation 2. Cadrage efficace des matériaux 3. Ressources locales 4. Plan de durabilité 5. Produits plus respectueux 6. Gestion des déchets
Énergie et atmosphère	<ol style="list-style-type: none"> 1. Isolation 2. Infiltration d'air 3. Fenêtres 4. Étanchéité des conduits 5. Chauffage et climatisation de 6. Chauffage de l'eau 7. Éclairage 8. Appareils ménagers 9. Énergie renouvelable 10. Gestion du refroidissement
Sensibilisation du propriétaire	Formation du propriétaire
Innovation et processus de conception	Conception innovante

Tableau (4): paramètres environnementaux utilisés dans la méthode **LEED**.

• Outil d'Évaluation

La certification LEED est gérée par l'USGBC. La certification LEED est accordée aux projets qui atteignent les critères de performance relatifs à cinq catégories : l'aménagement écologique des sites, la gestion efficace de l'eau, l'énergie et l'atmosphère, les matériaux et les ressources, la qualité des environnements intérieurs. Les projets se voient accorder un ou plusieurs points en vue de leur certification s'ils respectent ou dépassent les exigences

techniques propres à chacune des cinq catégories (plusieurs caractéristiques composent ces catégories).

Une sixième catégorie, « innovation et processus de conception » récompense une performance ou une innovation environnementale exceptionnelle qui surpasse nettement les exigences propres à chaque caractéristique.

Catégorie	Caractéristique	Points
Site Durable		14 au maximum
	Prévention de la pollution liée à l'activité sur le site	Obligatoire
	Sélection du site	1
	Densité de développement	1
	Dépollution et redéveloppement de site	1
	Système alternatif de transport	4
	Développement de site	2
	Conception pour la gestion de l'eau des intempéries	2
	Effets d'îlots de chaleur	2
	Pollution de l'éclairage	1
Gestion de l'eau		5 au maximum
	Aménagement efficace pour l'eau	2
	Technologies pour le traitement des eaux usées	1
	Réduction de la consommation d'eau	2
Énergie et Climat extérieur		17 au maximum
	Procédure de « commissioning »	Obligatoire
	Performance énergétique minimale	Obligatoire

	Gestion des fluides frigorigènes	Obligatoire
	Performance énergétique améliorée	1 - 10
	Énergie renouvelable sur site	1-3
	Énergie renouvelable sur site	1
	Gestion des fluides frigorigènes améliorée	1
	Énergie verte	1
Matériaux et ressources		13 au maximum
	Stockage et collecte de déchets recyclable	Obligatoire
	Réutilisation de Bâtiment	3
	Gestion des déchets de construction	2
	Réutilisation de matériaux	2
	Utilisation de matériaux recyclés	2
	Matériaux renouvelables	1
	Matériaux en provenance de la région	2
	Bois certifié	1
Qualité de l'ambiance		15 au maximum
	Qualité d'air intérieure suivant les normes	Obligatoire
	Contrôle de la fumée du tabac	Obligatoire
	Suivi de la qualité de l'air extérieur délivré	1

intérieure		
	Ventilation améliorée	1
	Gestion de la qualité de l'air en phase de construction	2
	Matériaux à faible taux d'émission	4
	Contrôle de sources chimique et de polluant intérieur	1
	Possibilité de régulation de système thermique et d'éclairage	2
	Confort thermique	2
	Lumière naturelle et "vue externe"	2
Innovation et processus de conception		5 au maximum
	Innovation en conception	4
	Présence de personnel accrédité LEED	1

Tableau (5): évaluation environnemental d'un bâtiment.

- **Rendement et résultats**

Les points s'accumulent en une note finale correspondant à l'un des quatre niveaux de certification possible : certifié, argent, or ou platine :

Nombre de points	Niveau de Certificat
26-32	Standard
33-38	Argent
39-51	Or
52-69	Platine

Tableau (6): niveaux de certification possible

➤ **La méthode CASBEE (Comprehensive Assessment Sustainable Building Environmental Efficiency)**

-Pays d'origine : *japon*

- Créé-en : *2001*

- Élaborée par :

-Concept : *Label*

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

• **Description**

La méthode CASBEE, s'applique aux bâtiments privés et publics, qui sont divisés en constructions résidentielles et non résidentielles. Elle intègre quatre outils basiques d'évaluation : CASBEE préconception (CASBEE-PD), CASBEE nouvelle construction (CASBEE-NC), CASBEE bâtiment existant (CASBEE-EB) et CASBEE rénovation (CASBEE-RN), qui correspondent à chaque étape du cycle de vie d'un bâtiment.

L'outil CASBEE préconception (CASBEE-PD) est employé par les maîtres d'ouvrage, les architectes et les urbanistes durant la phase de préconception du projet et présente deux utilités principales :

a) il permet de comprendre certains éléments tels que l'impact environnemental du projet et de sélectionner au mieux un site adéquat.

b) il aide à l'évaluation de la performance environnementale du projet durant la phase de préconception.

L'outil CASBEE nouvelle construction (CASBEE-NC) est un système d'auto-évaluation

Permettant aux architectes et aux ingénieurs de calculer la valeur BEE (Building Environmental Efficacy) du bâtiment au cours de la phase de conception. Il évalue le bâtiment en fonction du cahier des charges de conception et de la performance prévue. Il peut également servir d'outil de classification. Grâce à ce système, les parties impliquées dans le processus de conception peuvent appliquer des stratégies correctives en vue d'améliorer la valeur BEE et d'obtenir un bâtiment plus efficace, ces deux outils CASBEE renseignent les urbanistes durant la phase de conception. L'outil CASBEE bâtiment existant (CASBEE-EB) concerne les constructions existantes et s'appuie sur les archives de gestion environnementale sur une année au moins, à compter de l'achèvement des travaux.

Enfin, l'outil CASBEE rénovation (CASBEE-RN) s'applique également aux bâtiments existants et génère des propositions de rénovation plus efficaces d'un point de vue environnemental.

• **Méthodologie**

Le système CASBEE est une méthode de classification environnementale, basée sur l'évaluation de la performance environnementale des constructions. Cette méthode intègre trois principaux concepts. En premier lieu, il s'agit d'évaluer les bâtiments en fonction de leur cycle de vie. En second lieu, ce système distingue l'impact environnemental (L) et la qualité de la performance du bâtiment (Q) en tant que principaux critères d'évaluation. Enfin, cet outil introduit un nouvel indicateur, le BEE (Building Environmental Efficacy), basé sur le

concept d'éco-efficacité. Le BEE correspond au rapport Q/L indiquant le résultat global de l'évaluation environnementale des bâtiments.

Q est divisé en trois thématiques d'évaluation :

- Q1 : environnement intérieur
- Q2 : qualité de service
- Q3 : environnement extérieur du site

De la même manière, L est divisé en :

- L1 : énergie
- L2 : ressources et matériaux
- L3 : Environnement extérieur du site

Définition de Q et de L au travers d'un espace clos virtuel situé sur le périmètre du site

<p><u>Extérieur du périmètre</u> <u>évalué par</u></p> <p>L : impacts environnementaux du bâtiment</p> <p>-Consommation de ressources, émission de CO₂, etc. -Bâtiment voisin</p>	<p>Périmètre hypothétique</p>	<p><u>Intérieur du périmètre</u> <u>évalué par</u></p> <p>Q : performance et qualité environnementales du bâtiment</p> <p>-Émission de polluants atmosphériques, bruit, chaleur, etc. -Bâtiment voisin</p>
---	--------------------------------------	---

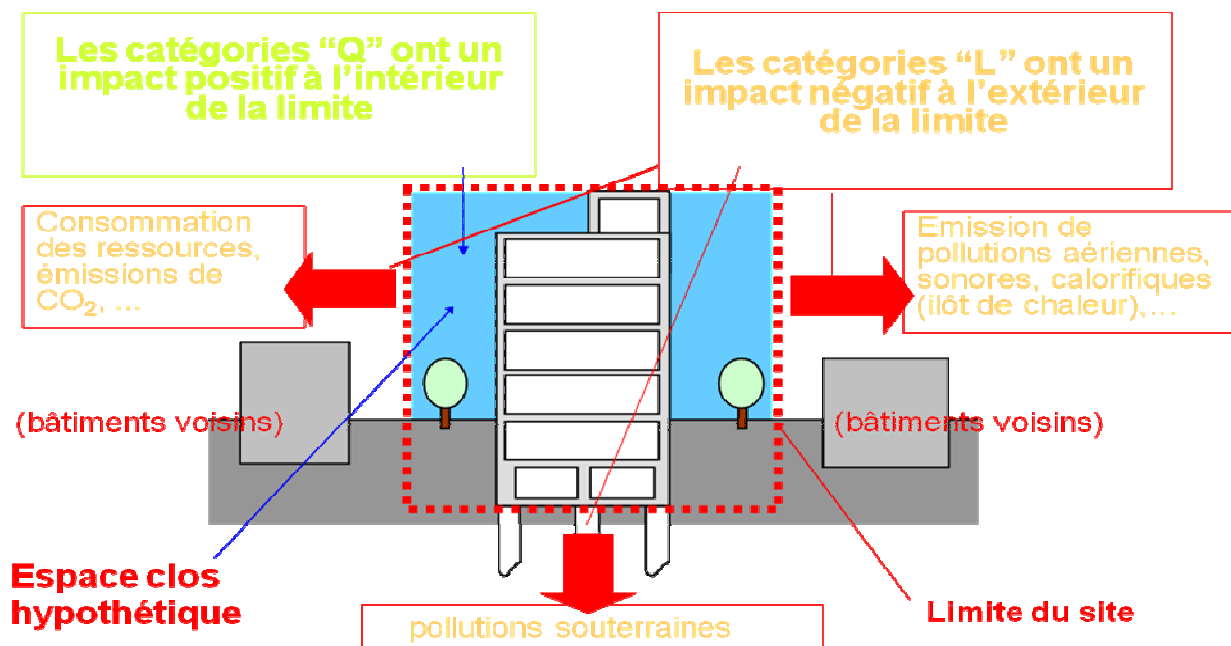


Fig3 : Schéma de principe d'évaluation d'un bâtiment selon La méthode CASBEE

Fig3 : Schéma de principe d'évaluation d'un bâtiment selon La méthode CASBEE

- **Critères d'évaluation**

Dans la méthode nouvelle construction CASBEE (NC), les différents paramètres environnementaux influant sur l'efficacité d'un bâtiment sont définis en tant que thématiques d'évaluation et sont répertoriés dans le tableau ci-dessous. Chacune de ces thématiques est divisée en plusieurs paramètres plus spécifiques.

Q : qualité et performance environnementales du bâtiment	
Q-1. Environnement intérieur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruits et acoustique 2. Confort thermique 3. Lumière et éclairage 4. Qualité de l'air
Q-2. Qualité de service	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacité de service 2. Durabilité et fiabilité 3. Flexibilité et adaptabilité
Q-3. Environnement extérieur du site	<ol style="list-style-type: none"> 1. Préservation et création du biotope 2. Paysage urbain et paysage rural 3. Caractéristiques locales et aménagements extérieurs
LR : réduction des impacts environnementaux du bâtiment	
LR-1. Énergie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impact thermique du bâtiment 2. Utilisation d'énergie naturelle 3. Efficacité de l'installation du bâtiment 4. Fonctionnement efficace
LR-2. Ressources et matériaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ressources en eau 2. Matériaux à faible impact environnemental
LR-3. Environnement extérieur du site	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pollution atmosphérique 2. Matériaux à faible impact environnemental 3. Dégâts liés au vent et obstacles à la lumière naturelle 4. Pollution lumineuse 5. Effet d'îlot de chaleur 6. Impact sur l'infrastructure locale

Tableau(5) : paramètres environnementaux utilisés par la méthode CASBEE.

• Outil d'Évaluation

Les thématiques d'évaluation présentées ci-dessus sont notées en fonction des critères de notation établis pour chacune d'entre elles sur une échelle allant de 1 à 5 : un point correspondant au niveau un et cinq points au niveau 5. Afin d'obtenir une note globale, une moyenne cumulée des notes de chaque thématique est calculée en fonction du coefficient d'occupations des sols pour chaque section. Les résultats sont présentés sur deux formulaires :

a)-la feuille de résultats, qui présente les résultats de chaque sous-catégorie de Q et de L et la feuille de résultats d'évaluation, qui indique les résultats pour chaque domaine, sous la forme « d'images radar », de graphiques en bâtons et de données numériques correspondant à Q (qualité et performance environnementales du bâtiment) et à LR (réduction des impacts environnementaux du bâtiment).

La valeur BEE (efficacité environnementale du bâtiment) est également calculée afin d'obtenir une évaluation globale de l'efficacité environnementale du bâtiment. Cette valeur est calculée à partir de SQ et de SLR, les résultats de Q et de LR, d'après la formule 1 ci-dessous.

$$\text{BEE} = \frac{\text{Q : qualité et performance environnementales du bâtiment}}{\text{L : impacts environnementaux du bâtiment}} = \frac{25 \times (\text{SQ}-1)}{25 \times (5-\text{SLR})}$$

Les valeurs BEE sont représentées sur le graphique 1 en rapportant L sur l'axe x et Q sur l'axe y. Plus la valeur Q est élevée et moins la valeur L est importante, plus le gradient est élevé et plus le bâtiment est durable. Ce système simple fournit une représentation graphique de l'efficacité environnementale d'un bâtiment. Cet outil intègre également un mode de classification de cinq domaines : C, qui équivaut à un faible résultat en terme de durabilité, B-, B+ et A considérés comme la moyenne et S correspondant à un excellent niveau.

Remarque :

L'outil CASBEE n'intègre pas de paramètres de conception esthétique ou de paramètres financiers (évaluation des coûts et rentabilité). De même, il ne tient pas compte de critères sociaux.

• Rendement et résultats

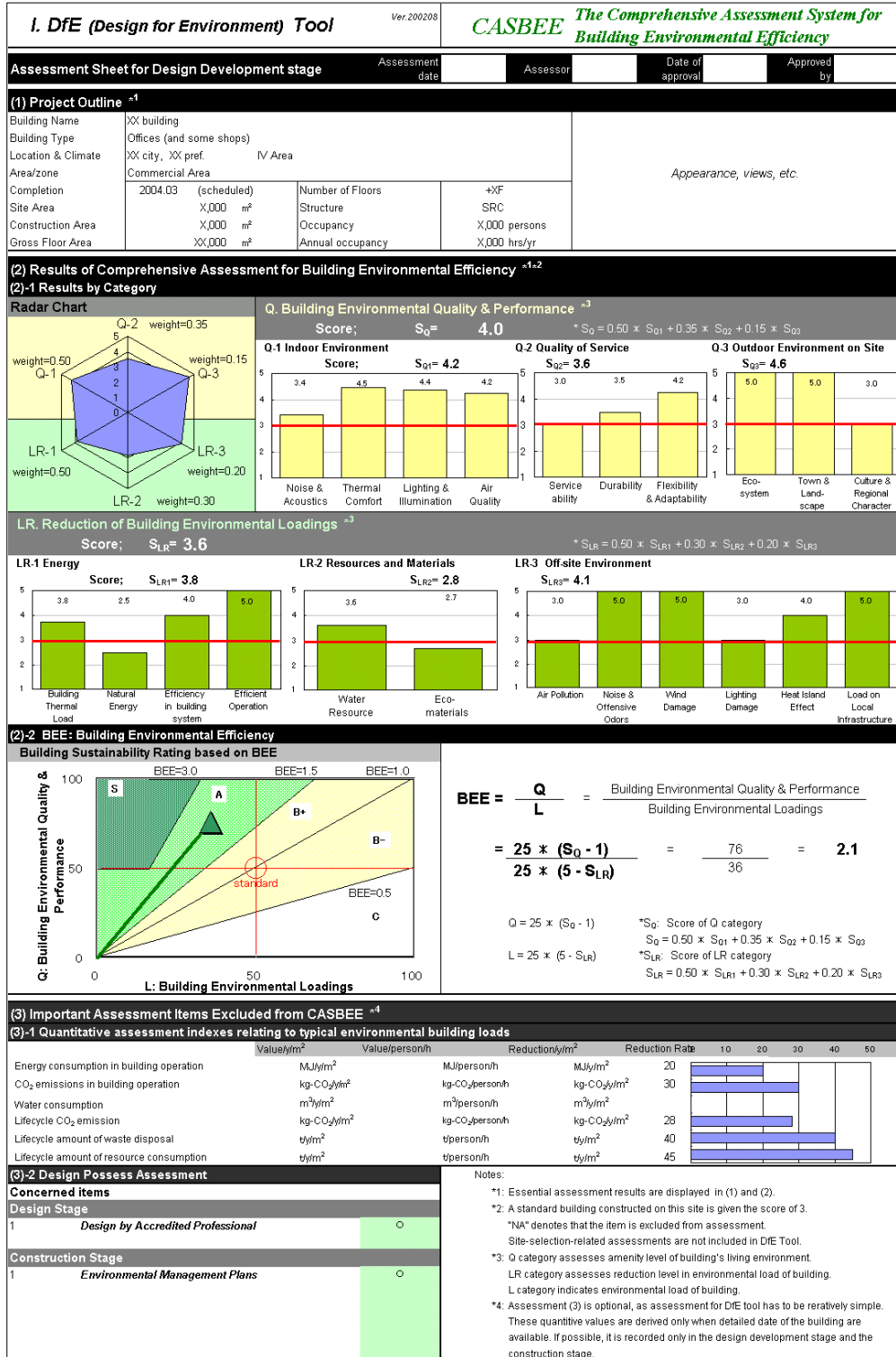


Fig4 : feuille de résultat d'évaluation selon la méthode CASBEE

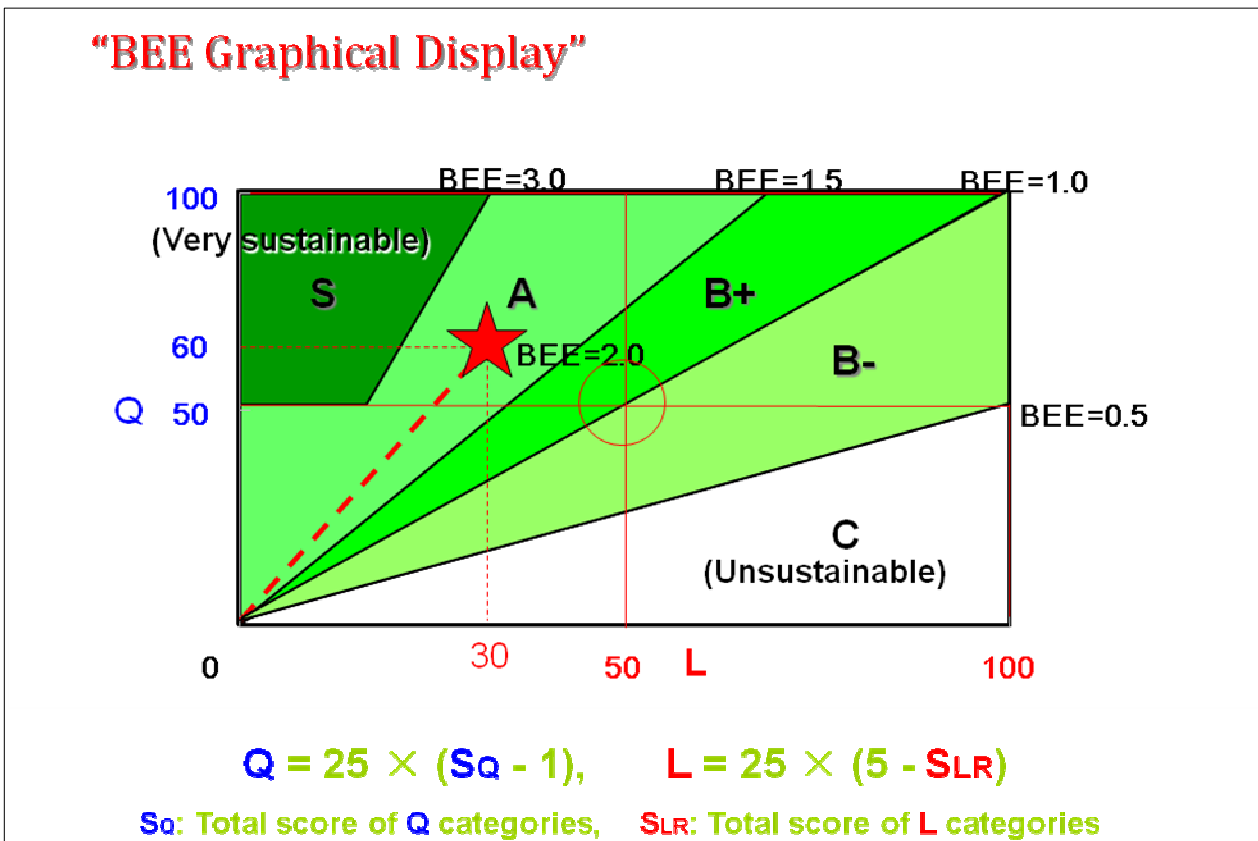


Fig5 : Feuille de résultat d'évaluation finale selon la méthode *CASBEE*

➤ **GB Tool (Green Building Tool) (CANADA)**

-Pays d'origine : CANADA

-Élaborée par : l'International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE)

-Concept : Label

- Créé-en : 1996

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

Description

Dans le contexte du challenge bâtiment écologique (GBC), un consortium de plus de vingt pays a développé la méthode **GBTool** d'évaluation de la performance environnementale des bâtiments. Le cadre d'évaluation a été produit sous forme de logiciel, l'outil de GBTool, qui permet une description complète du bâtiment et de sa réalisation, et donne également aux utilisateurs des repères régionaux d'évaluations. L'outil de GBTool a été mis en application sous forme de feuille de calcul de Microsoft Excel. Il vise à être un cadre générique internationalement utilisé pour comparer les méthodes d'évaluation environnementale des bâtiments existants sans pour autant être un outil de développement commercial viable.

Méthodologie

La méthode GB Tool est constituée de deux parties :

- le Module A comprend les références et les pondérations et permet un ajustement par des tiers afin de s'adapter aux conditions locales.

-le Module B traite de la performance de durabilité du bâtiment en question. L'évaluation peut être menée à différentes étapes du cycle de vie d'un projet. Les paramètres pris en compte couvrent un ensemble de thèmes relatifs à la construction durable dans trois principaux domaines (environnemental, social et économique). Cet outil fait office de cadre générique et exige de l'utilisateur d'apporter des modifications en intégrant des pondérations, des références et des valeurs d'émission. Ce système englobe un grand nombre de thèmes en rapport avec la conception durable.

Cet outil tient compte de quatre phases : la préconception, la conception, la construction et les opérations.

- **Critères d'évaluation**

Les principales Critères d'évaluation de la phase de conception sont présentés dans le tableau suivant.

Sélection du site	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sélection du site 2. Planification du projet 3. Architecture urbaine et aménagement du terrain
Énergie et consommation des ressources	<ol style="list-style-type: none"> 1. Énergie non renouvelable sur l'ensemble du cycle de vie 2. Consommation électrique maximum prévue pour les opérations de construction 3. Énergie renouvelable 4. Mise en service des systèmes du bâtiment 5. Matériaux 6. Eau potable
Impacts environnementaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Émissions de gaz à effet de serre 2. Autres émissions atmosphériques 3. Déchets solides 4. Eaux pluviales et eaux usagées 5. Impacts sur le site 6. Autres impacts locaux et régionaux
Qualité environnementale intérieure	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité de l'air intérieur 2. Ventilation 3. Température de l'air et humidité relative 4. Éclairage naturel et artificiel 5. Bruit et isolation acoustique
Fonctionnalité	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fonctionnalité et efficacité 2. Conception visant à maintenir les principales fonctions en dehors des conditions de conception prévues 3. Contrôlabilité
Performance à long terme	<ol style="list-style-type: none"> 1. Flexibilité et adaptabilité 2. Maintenance de la performance opérationnelle
Aspects socio-économiques	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coût et aspect financier 2. Aspects sociaux

Tableau(6) : paramètres environnementaux utilisés dans la méthode GBTool

• **Outil d'Évaluation**

L'évaluation de chaque une des quatre phases est réalisée à partir de données diverses et produit différents types de résultats.

- L'évaluation de la phase de préconception renseigne sur la performance potentielle du projet en termes de durabilité, à partir des informations disponibles à l'issue de cette phase.

- L'évaluation de la phase de conception indique la performance potentielle du projet en termes de durabilité, à partir des informations disponibles à l'issue de cette phase. Ces deux modules d'évaluation ont pour principal objectif l'auto-évaluation et non pas la certification.

- La phase de construction permet une évaluation réaliste basée sur des indicateurs de performance disponibles à l'issue des phases de construction et de mise en service, mais avant l'occupation du bâtiment.

La méthode GBTool intègre deux types de références :

a) celles que l'on peut exprimer en valeurs numériques

b) celles que l'on peut plus facilement décrire sous forme de texte. Une échelle allant de -1 à +5 permet de noter la construction : -1 correspond à une performance négative, 0 correspond à une performance minimum acceptable (généralement mais pas toujours définie par les réglementations), 3 équivaut à une «

Weighting of Issues and Categories GBT05-Demo		English Interface	Design Phase is active		
	Values range from 0 (not applicable) to 5 (most important), with the value 2 representing the normal default or null value, except for Mandatory parameters, which range from 3 to 5. Click on box at right to select Default or your own weighting values.	Using Defaults			
	Instructions: First decide if you want to use the defaults If you want to set your own weights 1. First set relative importance for highest level Issues 2. Then set values for Categories within each Issue area 3. To set lowest level weights, go to WIB worksheet	Suggested Default values	Percent of group	Weighted percent	Select your own weighting values.
					Mandatory
Issues		Active			
A	Site Selection, Project Planning and Development	3	12.5%	3	
B	Energy and Resource Consumption	5	20.8%	5	M
C	Environmental Loadings	5	20.8%	5	M
D	Indoor Environmental Quality	4	16.7%	5	M
E	Functionality	2	8.3%	0	
F	Long-Term Performance	2	8.3%	0	
G	Social and Economic aspects	3	12.5%	0	
Categories (note that some categories are only operative in certain phases)					
A	Site Selection, Project Planning and Development				
A1	Site Selection	2	33%	4.2%	3
A2	Project Planning	2	33%	4.2%	3
A3	Urban Design and Site Development	2	33%	4.2%	3
B	Energy and Resource Consumption				
B1	Total Life Cycle Non-Renewable Energy	5	25%	5.2%	5
B2	Predicted electrical peak demand for building operations	3	15%	3.1%	3
B3	Renewable Energy	3	15%	3.1%	3
B4	Commissioning of building systems	3	15%	3.1%	3
B5	Materials	3	15%	3.1%	3
B6	Potable Water	3	15%	3.1%	3

Fig6 : feuille de résultat d'évaluation selon la méthode GB Tool

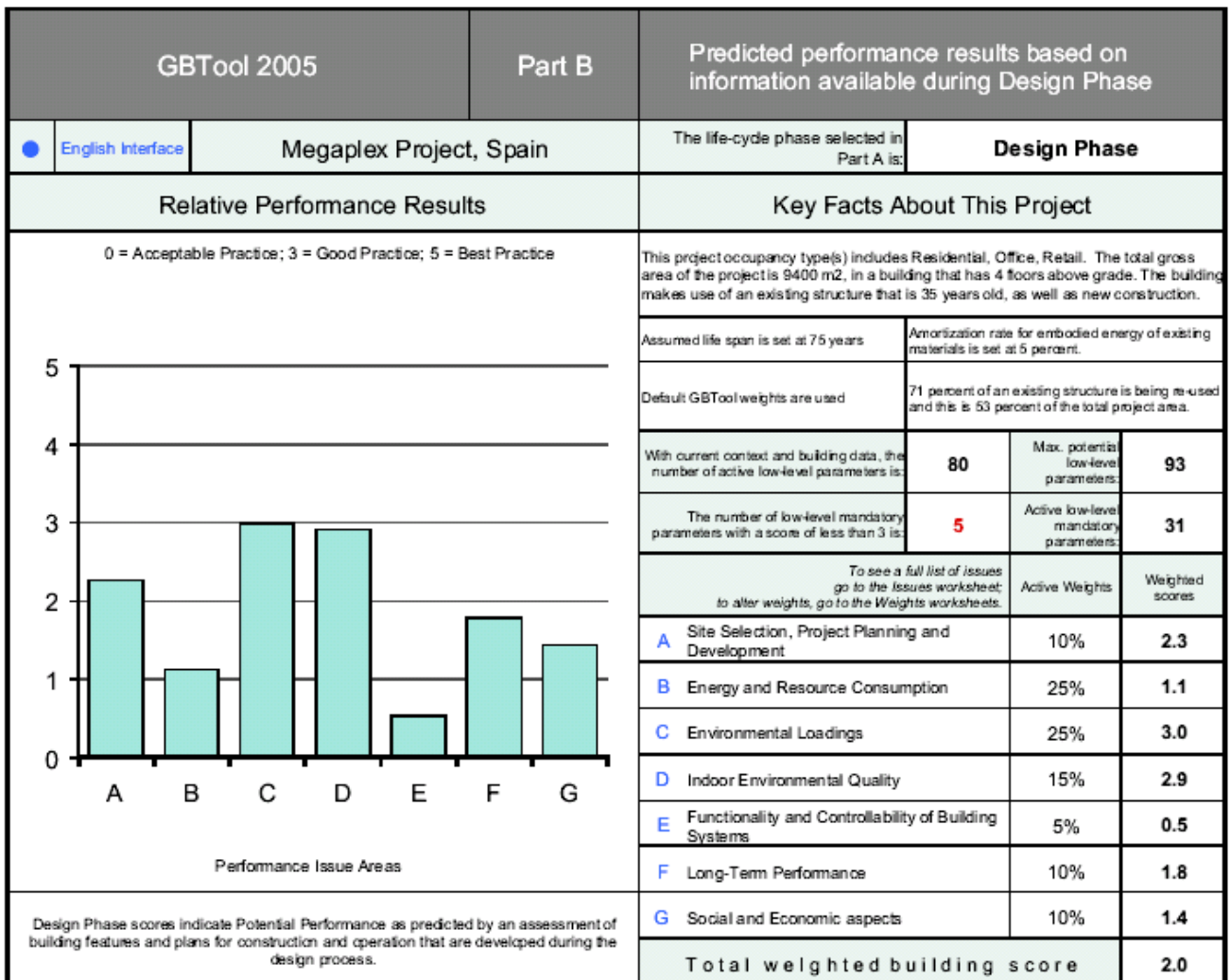


Fig.6.2 : feuille de résultat d'évaluation selon la méthode GB Tool

➤ **La méthode VERDE**

-*Pays d'origine* : Espagne

-*Élaborée par* : les Arquitectos, Urbanistas e Ingenieros Asociados S.L.U.

-*Concept* : Label

- *Crée-en* :.....

-*Type bâtiment* : tout type de bâtiment

- **Description**

La méthode VERDE est utilisée en Espagne afin d'évaluer la performance environnementale des bâtiments. Elle est développée par les Arquitectos, Urbanistas e Ingenieros Asociados S.L.U. du Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España, dans le cadre du GBC Espagne.

Cette méthode s'applique aux nouveaux bâtiments de plusieurs types, à savoir les habitations, les bureaux, les commerces, les hôtels, les hôpitaux et les établissements d'enseignement. Elle permet d'effectuer des évaluations au cours des différentes phases du cycle de vie d'un projet.

- **Méthodologie**

La méthode VERDE se répartit en trois phases :

1)- HV1. L'évaluation de la phase de préconception a pour objectif de mesurer la performance potentielle du projet en termes de durabilité, en fonction des informations disponibles à l'issue de cette phase.

2)- HV2. L'évaluation des phases de conception et de construction permet de connaître la performance potentielle du projet en terme de durabilité, en fonction des informations disponibles à l'issue de la phase de conception, de construction ou de mise en service, mais avant l'occupation du bâtiment.

3)- HV3. L'évaluation de la phase d'usage fournit une indication objective et factuelle de la performance réelle du projet. Les résultats obtenus peuvent être utiles dans le cadre d'une certification.

Ce système couvre un grand nombre de thématiques de la construction durable : charges environnementales, épuisement des ressources, émissions atmosphériques, eaux usagées et déchets solides, impacts locaux et régionaux, facteurs influant sur l'environnement du bâtiment, qualité de l'environnement intérieur et qualité de service, ainsi que des aspects socio-économiques.

- **Critères d'évaluation**

Ressources et impact environnemental	
Épuisement des ressources	<ol style="list-style-type: none"> 1. Épuisement des ressources énergétiques – évaluation du contenu énergétique, du transport, de la construction et de l'utilisation d'énergie durant la phase de construction. 2. Épuisement des matières premières – évaluation du % matériaux récupérés et réutilisés, du % de matériaux recyclés utilisés, du % de matériaux préparés afin d'être réutilisés, du % de matériaux préparés afin d'être recyclés, du % de matériaux destinés à la fabrication de sous produits, tous les indicateurs étant évalués en conséquence 3. Utilisation et gestion de l'eau 4. Émissions atmosphériques, eaux usagées et déchets solides
Impacts locaux et régionaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impact du bâtiment, en termes d'accessibilité à l'éclairage naturel et à l'énergie solaire, sur les bâtiments avoisinants. 2. Effet d'îlot de chaleur 3. Pollution lumineuse atmosphérique
Critères influant sur la qualité de l'environnement	
Environnement intérieur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruit et isolation acoustique 2. Confort thermique 3. Éclairage 4. Qualité de l'air
Qualité de service	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fonctionnalité et contrôlabilité 2. Flexibilité et adaptabilité 3. Durabilité et entretien 4. Gestion des déchets
Critères influant sur l'impact socio-économique	
Aspects financiers	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coût du terrain et de la construction 2. Coût du cycle de vie (€/an) 3. Coût de la gestion des déchets et des émissions (€/an)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Santé et productivité 2. Sécurité des usagers 3. Accès aux personnes handicapées 4. Accès à la lumière naturelle depuis les zones de vie des unités d'habitation

Aspects sociaux	5. Accès à l'espace ouvert privé depuis les espaces habitables des unités de logement d 6. Intimité visuelle, par rapport à l'extérieur, dans les unités de logement 7. Accès à des vues depuis des zones de travail dans les bureaux ou autres bâtiments commerciaux
------------------------	---

Tableau(7) : paramètres utilisés dans la méthode VERDE

- **Outil d'Évaluation**

Les critères de sélection de l'outil HV2 sont conformes à la norme ISO, qui intègre des aspects environnementaux obligatoires dans l'évaluation de la performance environnementale

ISO/TC 59/SC 17: « Développement durable dans la construction – Cadre méthodologique pour l'évaluation de la performance environnementale des ouvrages – Partie 1 : Bâtiments » (Projet ISO/DTS 21931).

VERDE-HV2 permet d'évaluer l'impact environnemental de bâtiments récemment construits. Cet outil s'inspire essentiellement de GBTool : il utilise des références et des pondérations adaptées à chaque critère. Les références sont classées en deux catégories : celles que l'on peut exprimer en valeurs numériques et celles que l'on peut plus facilement décrire sous forme de texte. HV2 fonctionne selon une échelle de valeurs allant de 0 à +5, 0 représentant le minimum de performance acceptable et 5 la meilleure pratique, à savoir le niveau maximum de performance atteint en utilisant la meilleure technologie disponible à des coûts raisonnables.

➤ **La méthode Minergie –P**

-Pays d'origine : SUISSE

-Élaborée par : l'Association AMI sous mandat de l'Agence fédérale du bâtiment

-Concept : Label

- Créé-en : 1996

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

• **Description**

MINERGIE-P exige une conception du bâtiment cohérente, orientée vers une basse consommation d'énergie. Le projet d'une maison à basse consommation d'énergie ou d'une maison MINERGIE complété avec une couche d'isolation supplémentaire s'avèrera insuffisant. Une maison qui doit satisfaire les très sévères exigences de MINERGIE-P doit être planifiée, construite et exploitée dans ce but comme un système global et optimisée dans toutes ses composantes. Le nouveau standard MINERGIE-P fixe de hautes exigences en matière de confort, de rentabilité et d'esthétique. Font partie de ce confort, notamment une bonne et facile utilisation du bâtiment, resp. Des équipements techniques.

• **Critères d'évaluation**

Les critères concernent les cinq domaines suivants:

- 1- Besoins spécifiques de puissance thermique
- 2- Besoins de chaleur pour le chauffage
- 3- Indice pondéré de dépense d'énergie
- 4- Étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment
- 5- Les appareils électroménagers

➤ **La méthode Passivhaus**

-Pays d'origine : Allemagne

-Élaborée par : Passivhaus Institut

-Concept : Label

- Créé-en :

-Type bâtiment : tout type de bâtiment

• **Description**

L'objectif du label Passivhaus est la réduction des consommations énergétiques des immeubles d'habitation en assurant l'apport en énergie solaire passive, en renforçant l'isolation des bâtiments, l'utilisation des énergies renouvelables et la récupération de chaleur. Sa valeur cible, pour l'eau chaude sanitaire, le chauffage et l'électricité, est une consommation inférieure à 50 kWh/m²/an.

➤ **La méthode HK-Beam**

- *Pays d'origine* : Hong Kong

- *Élaborée par* : l'École polytechnique de Hong Kong

- *Concept* : Label

- *Crée-en* : 1999

- *Type bâtiment* : bureaux

• **Description**

La HK-Beam est une méthode expérimentale développée par l'École polytechnique de Hong Kong depuis 1999. Elle repose sur l'évaluation de la performance des bureaux neufs et existants, selon 56 critères, de la programmation à la gestion de l'ouvrage.

➤ **NABERS (National Australian Building Environmental Rating System) (AUSTRALIE).**

- *Pays d'origine* : AUSTRALIE

- *Élaborée par* :

- *Concept* : Label

- *Crée-en* :

- *Type bâtiment* : tout type de bâtiment

• **Description**

NABERS évalue les impacts des bâtiments sur l'environnement. La structure proposée du système d'estimation de NABERS a une série de catégories, avec chacune une cotation de une à cinq étoiles. Les étoiles ont été adoptées comme unité de mesure du fait de la familiarité du public avec les étoiles en tant qu'éléments d'un système de cotation, autant pour les appareils domestiques, les bâtiments commerciaux que pour habitations. Une fois développé, le système fournit des informations sur la prise en compte du Développement Durable des bâtiments existants. Ceci devrait favoriser de plus en plus de solutions prenant en compte le Développement Durable dans les bâtiments.

Conclusion:

Ces systèmes de labellisation sont des références nationales dont le label de la qualité environnementale est attribué à une construction. Ils sont caractérisés par leur démarche volontaire choisie par le maître d'ouvrage qui détermine en avance des objectifs à atteindre (exemple : dans la démarche HQE, ces objectifs sont sous forme des cibles).

La faiblesse de ses méthodes c'est qu'ils ne fonctionnent pas selon un mode de gestion de l'opération et de la méthodologie du projet qui doit répondre à plusieurs exigences. Ces exigences sont définies par le cycle de vie des bâtiments (phases de préconception, de conception et de poste conception) ainsi que par des synergies entre les différents acteurs de l'opération de construction. Mais ces méthodes représentent une simple certification à posteriori, dans la majorité des méthodes existantes.

2- Les méthodes d'analyse de cycle de vie

Les méthodes d'analyse du cycle de vie (ACV) sont généralement plus complexes au niveau de leurs méthodes de calcul et visent à fournir une évaluation des impacts environnementaux des bâtiments tout au long du cycle de vie. Ces méthodes ACV s'appuient généralement sur des outils logiciels qui ont besoin d'une base de données complète sur les matériaux et les ressources impliqués dans le processus et la gestion de bâtiment. Cet inventaire est alors transposé dans les impacts environnementaux des bâtiments par diverses méthodes et indicateurs.

➤ Invest 2

• Description

Produit par le Building Research Establishment BRE.

Invest 2 est un outil logiciel qui permet d'explicitier les impacts des bâtiments sur l'environnement et les coûts globaux du cycle de vie pendant la phase de conception. Deux versions de cet outil sont existant.

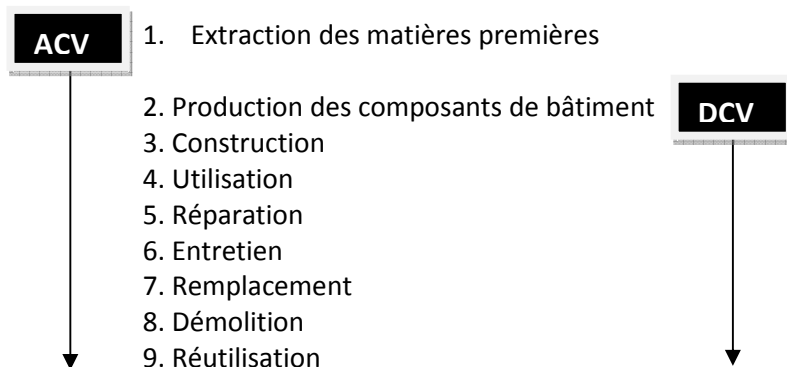
_ **Invest 2** versions estimateur est consacré à l'évaluation environnementale, en utilisant des données environnementales et financières par défaut.

_ **Invest 2** version calculateur met l'accent sur l'aspect financier, permettant à des utilisateurs de saisir leurs propres données.

• Méthodologie

Les concepteurs saisissent la conception de leur bâtiment (taille, nombre d'étages, secteur de fenêtre...) et le choix des éléments (mur, bache externes de toit...). Ensuite, Invest 2 identifie ces éléments en prenant en compte le plus d'influence sur l'impact sur l'environnement et évalue le coût tout au long de la vie du bâtiment. Il montre également l'influence du choix des différents matériaux. Il prévoit également l'impact économique et environnemental pour diverses stratégies de chauffage, de rafraîchissement et de fonctionnement du bâtiment.

Étapes du cycle de vie d'un bâtiment



- **Critères d'évaluation**

Les données environnementales peuvent être présentées selon 12 impacts :

Indicateurs	Unité
Changement climatique	Tonne éq. CO2 (100 ans)
acidification	Tonne éq. SO2
Épuisement de l'ozone	kg éq. CFC11
Pollution de l'air : Toxicité humaine	Kg tox.
Pollution de l'air : faible niveau d'émission d'ozone	kg éq. ethene.
extraction et de diminution des combustibles fossiles	kg tox.
Pollution de l'eau : Écotoxicité	m3 tox
Pollution de l'eau : Eutrophication	kg éq. PO4
Extraction de minerais	tep
Extraction de l'eau	Tonne
Traitement des déchets	m3
Pollution de l'eau : Toxicité humaine	Tonne

Tableau(8) : indicateurs d'évaluation selon **Envest 2**

- **Rendement et résultats**

Généralement, une notation Ecopoint propre à chaque catégorie est attribuée. Chaque note représente des points pondérés des impacts des catégories précédentes. Par exemple, 100 Ecopoints représentent l'impact d'un citoyen britannique pendant un an. La performance typique d'un bureau est de l'ordre de 40 Ecopoints/m². Un Ecopoint peut être en Grande Bretagne décrit par :

- 320 kWh électrique
- 83 m³ d'eau
- 65 miles (104,6 m) par camion articulé
- Terre remplissant 1,3 tonne de perte
- Fabrication de 250 briques
- 540 tonnes kilomètre par le fret maritime
- 1,38 tonne d'extraction de minerai

➤ EQUER

• Description

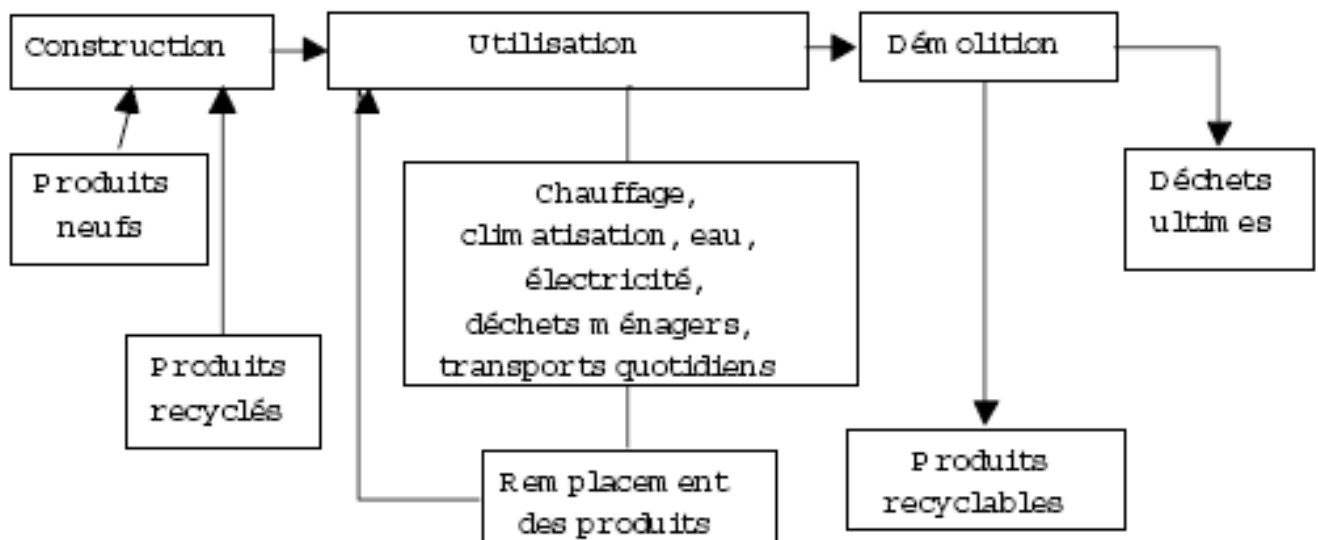
L'objectif d'EQUER est de fournir les indicateurs quantitatifs aux divers acteurs impliqués dans la construction d'un bâtiment afin de réduire sa contribution aux impacts environnementaux.

EQUER est basée sur la méthode d'analyse de cycle de vie car la qualité environnementale est le résultat d'un processus global intégrant toute la vie d'un système complexe, mais est couplé à un outil thermique dynamique de simulation dans lequel un module d'éclairage de jour a été ajouté.

• Méthodologie

Le principe pour calculer et faire l'inventaire de l'ensemble du bâtiment est montré ci-dessous.

Les consommations énergétiques de chauffage et de rafraîchissement sont automatiquement générées par COMFIE, outil de simulation dynamique en thermique. Pour ce qui concerne l'impact de la fabrication matérielle et d'autres processus, EQUER emploie la base de données d'Oekoinventare développée par l'école fédérale polytechnique de Zurich. Des données sont validées sur des thèmes environnementaux pour devenir une référence environnementale.



Simulation avec pas de temps annuel

Fig7 : principe du calcul de l'inventaire général

- **Critères d'évaluation**

Il y a plusieurs méthodes pour définir un indicateur environnemental global, comme l'Eco-point (Suisse) ou l'Eco-indicateur (Pays Bas). Étant donné le caractère subjectif de ces méthodes, un profil multicritère est adopté dans un premier temps. La liste des douze indicateurs est montrée dans le tableau ci-dessous.

Indicateurs	Unité
Échappement des ressources abiotiques	---
Consommation d'énergie primaire	MJ
Consommation de l'eau	kg
Acidification	kg éq. S ₀₂ .
Eutrophication	kg éq. PO ₄
Chauffage Global	kg éq. CO ₂
Déchets radioactifs	dm ₃
Déchets non radioactifs	kg
Odeurs	m ₃
Écotoxicité aquatique	m ₃
Toxicité humaine	kg
L'ozone photochimique (brouillard enfumé)	kg éq. C ₂ H ₄ .

Tableau(9) : indicateurs d'évaluation selon EQUER

• Rendement et résultats

Le rendement d'EQUER est un eco-profil qui permet la comparaison de diverses conceptions et technologies de sorte qu'EQUER constitue un outil de prise de décision.

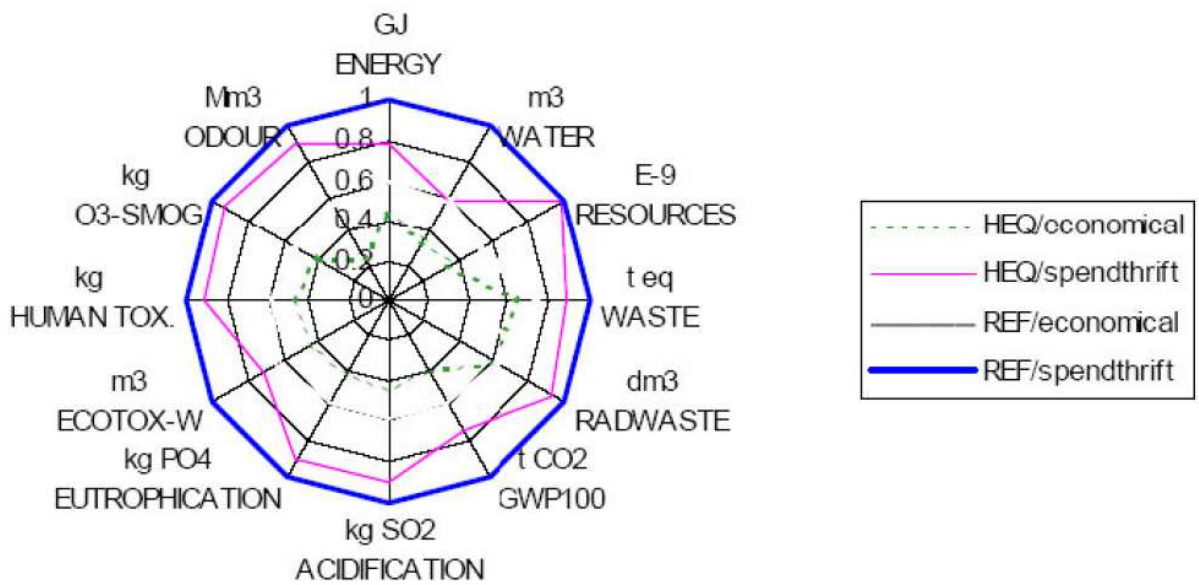


Fig8 : exemple(1) d'affichage de résultat d'évaluation selon EQUER

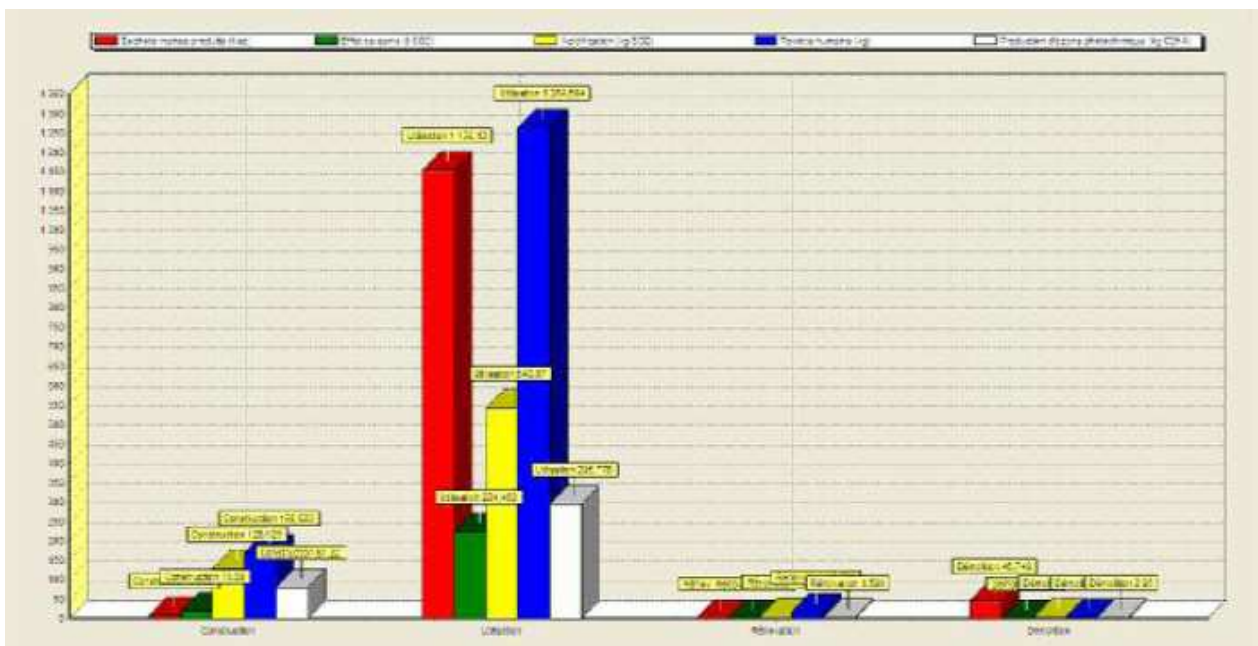


Fig9: exemple(2) d'affichage de résultat d'évaluation selon EQUER

➤ PAPOOSE

• Description

PAPOOSE est un outil simple de calcul développé par l'équipe technique TRIBU (techniques recherches innovations pour le bâtiment et l'urbain) pour l'assistance de leurs activités principales.

PAPOOSE Programmation et Analyse de Projets d'Ouvrage et d'Opération Soucieux de l'Environnement. PAPOOSE est un outil de calcul qui sert à identifier et classer les impacts environnementaux des bâtiments.

• Méthodologie

PAPOOSE est prévu pour l'étape préliminaire de la conception de projet. À chaque étape, un bilan environnemental est élaboré. La nature des données dépend de l'état d'avancement de l'étape de conception. Pour l'assistance approfondie à la conception, le logiciel exige une liste de matériaux, des quantités, des schémas et de scénarios. Il couvre toutes les étapes du cycle de vie excepté la phase de construction. L'évaluation environnementale est basée sur les indicateurs environnementaux définis par ATEQUE dans le contexte HQE.

• Critères d'évaluation

Seuls les critères principaux de l'évaluation environnementale par PAPOOSE seront présentés. Ces indicateurs sont :

Énergie	<ul style="list-style-type: none"> _ Consommation d'énergie _ Énergie primaire
Pollution	<ul style="list-style-type: none"> _ Émissions de CO2 _ NOX émissions _ SOX émissions
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> _ Matériaux recyclables [%] _ Matériaux de réutilisation [%] _ Matériaux renouvelables [%]
Santé et bien-être	<ul style="list-style-type: none"> _ Facteur d'ensoleillement _ Niveau acoustique
Eau	<ul style="list-style-type: none"> _ Consommation de l'eau

Tableau(9) : paramètres d'évaluation utilisés dans la méthode PAPOOSE

- **Rendement et résultats**

Le résultat est un bilan qui permettant l'interprétation

➤ **TEAM 4.0**

- **Description**

TEAM 4.0 est un outil logiciel professionnel pour évaluer les profils du cycle de vie et des coûts des produits et des technologies, y compris les bâtiments. Cet outil peut être utilisé dès l'étape de conception jusqu'à la fin de vie du bâtiment, pour prévoir le meilleur scénario de fin de vie du bâtiment.

- **Méthodologie**

Cet outil est consacré à l'analyse et au coût du cycle de vie (ACV et CCV). L'utilisateur peut choisir les indicateurs des impacts sur l'environnement et le choix des méthodes parmi les principales qui existent en ACV. Les catégories d'indicateurs sont employées pour transposer les résultats de l'inventaire vers les catégories d'impact choisies.

- **Critères d'évaluation**

Les catégories d'impact sont classées selon trois groupes :

Groupe A : Catégories d'impact obligatoires	_ doit être incluses dans presque toutes les études ACV
Groupe B : Catégories d'impact additionnelles	_ L'indicateur opérationnel de catégorie existe _ Pas souvent incluses dans les études ACV
Groupe C : Autres catégories d'impact	_ Aucun indicateur opérationnel de catégorie existe _ Pas encore incluses dans les études ACV

Tableau(10) : critère d'évaluation selon TEAM 4.0

Les indicateurs de catégories sont employés pour transposer les résultats de l'inventaire dans les contributions des catégories d'impact choisies.

- **Rendement et résultats**

Un diagramme de type polaire permet de visualiser la performance globale du bâtiment à partir des différents indicateurs. L'utilisateur peut mettre l'accent sur la contribution de chaque étape du bâtiment pour un indicateur particulier.

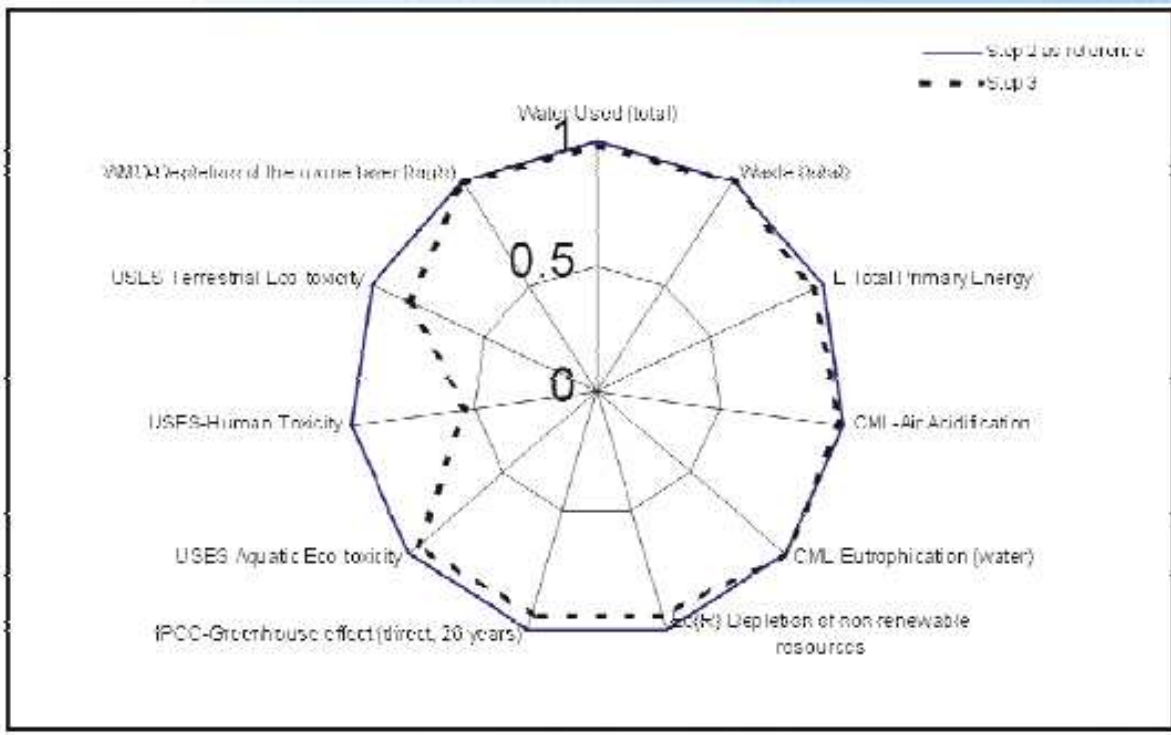


Fig10 : exemple(1) de représentation d'évaluation selon TEAM 4.0

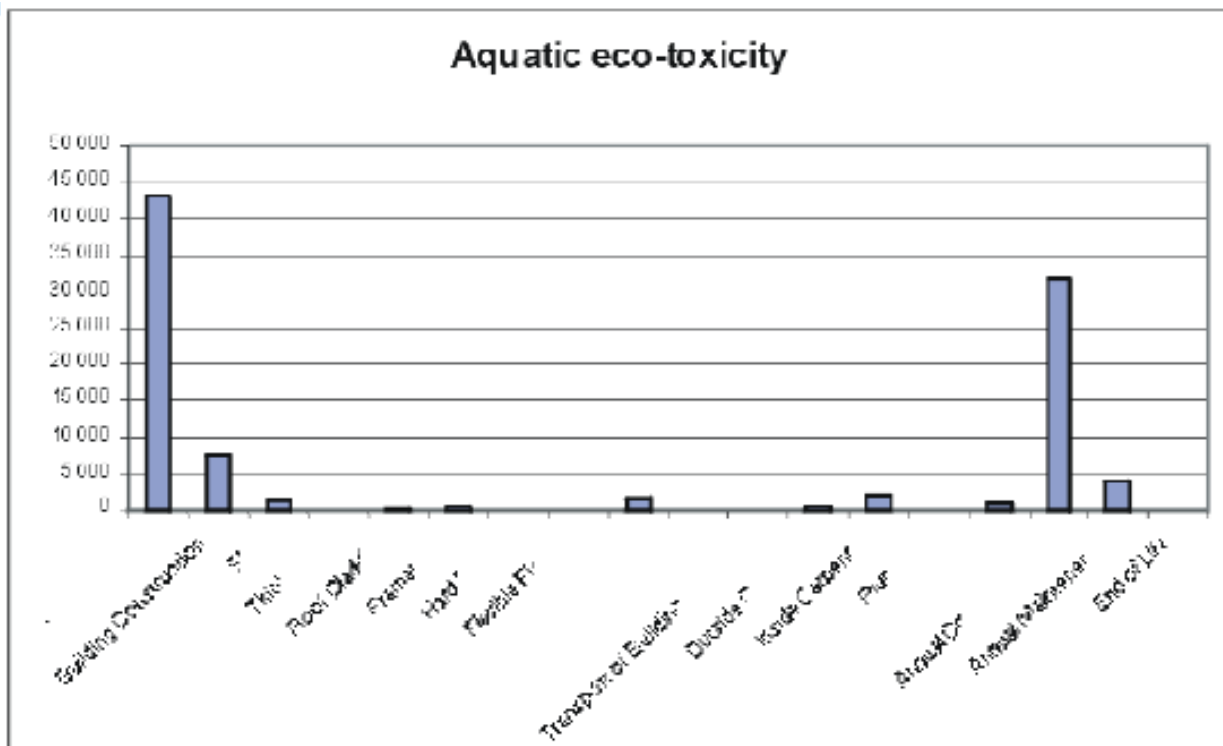


Fig10 : exemple(2) de représentation d'évaluation selon TEAM 4.0

➤ **_ BEES (Building Environmental and Economic Sustainability) (Etats Unis d'AMERIQUE)**

• **Description**

Le BEES est un outil d'évaluation du cycle de vie des bâtiments qui a pour but de prendre en compte aussi bien la qualité environnementale que les aspects économiques. Elle prend en compte le processus de fabrication des USA, le commerce, la législation environnementale et toutes autres données appropriées pour l'évaluation du cycle de vie. Le but de BEES est de développer et mettre en application une méthodologie systématique pour le choix de produits du bâtiment qui répondent à la performance environnementale et économique d'une manière équilibrée. La méthodologie, basée sur des normes, est conçue pour être pratique, flexible, cohérente et transparente. Les principaux critères environnementaux pris en considération sont : réchauffement global, pluies acides, épuisement des ressources et de l'ozone, toxicité écologiques et humaines, qualité de l'air intérieur ...

➤ **_ Athena (Athena Environmental Impact Estimator) (CANADA)**

• **Description**

L'estimateur d'impacts sur l'environnement permet aux architectes, ingénieurs et chercheurs l'analyse du cycle de vie (ACV) et la possibilité d'avoir des éléments de conception sur les bâtiments neufs industriels et institutionnels, les bureaux (occupés par des propriétaires ou en location) et les bâtiments résidentiels à usage individuel ou collectifs (occupés par le propriétaire ou de location). Le logiciel prend en compte les bases de données de l'institut Athena internationalement reconnues pour l'inventaire du cycle de vie, couvrant plus de 90 matériaux de structure et d'enveloppe, développés dans Simapro. Il permet de simuler plus de 1 000 combinaisons différentes et permet de modéliser 95% des constructions de bâtiments en Amérique du Nord. L'estimateur tient compte des effets sur l'environnement dus à la fabrication industrielle, y compris l'extraction de ressources, les produits recyclés, les effets du transport, l'incidence régionale de l'utilisation d'énergie, du transport et les autres facteurs...

➤ **_ LISA (Life Cycle Analysis In Sustainable Architecture) (AUSTRALIE)**

• **Description**

LISA est un outil d'aide à la décision pour une analyse architecturale du Développement Durable pour la construction. Il est constitué d'un modèle mathématique utilisé par les concepteurs. En d'autres termes, dans chaque projet particulier, les détails spécifiques d'entrée sont demandés. LISA fournit des rapports graphiques, préformatés et des tableaux, montrant les impacts sur l'environnement de chaque étape du cycle de vie en termes de :

- Ressources énergétiques GJ
- GHB (Protocole GreenHouse Building) tonnes éq. CO2
- PS (Particule en Suspension)
- COVNM (Composés Organiques Volatiles Non Méthanique)
- Eau
- NOx
- SOx
- Données sur les matières premières et quantification

Conclusion:

L'analyse du cycle de vie étudie les impacts sur l'environnement extérieur (milieux physiques, ressources naturelles et êtres vivants). Cette méthode consiste à évaluer les aspects quantifiables de la qualité environnementale, et laisse de côté des aspects plus qualitatifs et subjectifs concernant l'esthétique ou la qualité de la vie qui ne sont pas abordés.

L'analyse du cycle de vie a été élaborée en premier lieu pour des produits industriels. Son application au secteur du bâtiment doit donc s'effectuer de manière prudente : chaque bâtiment est en général unique, et maintient des liens forts tant avec le site dans le quel il est intégré qu'avec ses occupants. Cette méthode semble cependant aujourd'hui être celle qui contient le moins possible.

3- Les méthodes de type check-list

Les méthodes d'évaluation de type check-list sont les outils d'évaluation environnementale les plus répandues. Ces listes d'évaluation sont constituées essentiellement d'un certain nombre de critères avec des listes de cases à cocher. La graduation de chaque élément du système de cotation est spécifique. Généralement, le poids associé varie selon la spécificité de ces éléments : le résultat final est calculé à partir de la cotation pondérée de chacun des éléments. L'efficacité des outils d'évaluation de type check-list soulève des questions pratiques que le chef de projet devrait prendre en compte. Elle présente l'avantage d'être relativement simple à utiliser mais exige la connaissance détaillée des éléments du projet.

➤ **Check-list SEEDA (South East England Development Agency)**

• **Description**

La check-list SEEDA est basée sur la check-list de Développement Durable de BRE pour les projets de développements. Elle a été développée en collaboration avec les autorités locales, les promoteurs, les architectes et les chercheurs. Elle apporte un aspect régional du Sud Est de l'Angleterre par rapport à la check-list d'origine, fournissant l'information sur les bonnes pratiques, les ressources ou davantage d'information et comment elle se relie aux politiques régionales naissantes.

• **Méthodologie**

Cette méthode s'appuie sur un facteur de certitude qui prend la valeur 0 ou 1 pour chaque question. La valeur 1 représente la certitude totale. En revanche, 0 est attribué lorsque le contenu n'est pas considérée. Les points de chaque question et catégorie sont additionnés pour obtenir trois points globaux correspondant à la performance environnementale, sociale et économique. La valeur de la question est illustrée avec un graphique recommandant les points maximum pour réaliser la meilleure pratique. Ceci reflète les valeurs environnementales, sociales et économiques et permet de visualiser la dominante de la performance de chacun des critères.

• **Critères d'évaluation**

La check-list est composée de différentes sections qui se divisent également en différents critères :

- Impact sur l'extérieur – Impact sur la population
- Utilisation du sol, urbanisme et conception
- Transport
- Énergie
- Impact des bâtiments
- Impact des infrastructures
- Ressources naturelles
- Écologie
- Aspects sociétal
- Économique

- **Rendement et résultats**

Les résultats de la check-list SEEDA représentent graphiquement les niveaux de performances de chaque catégorie.

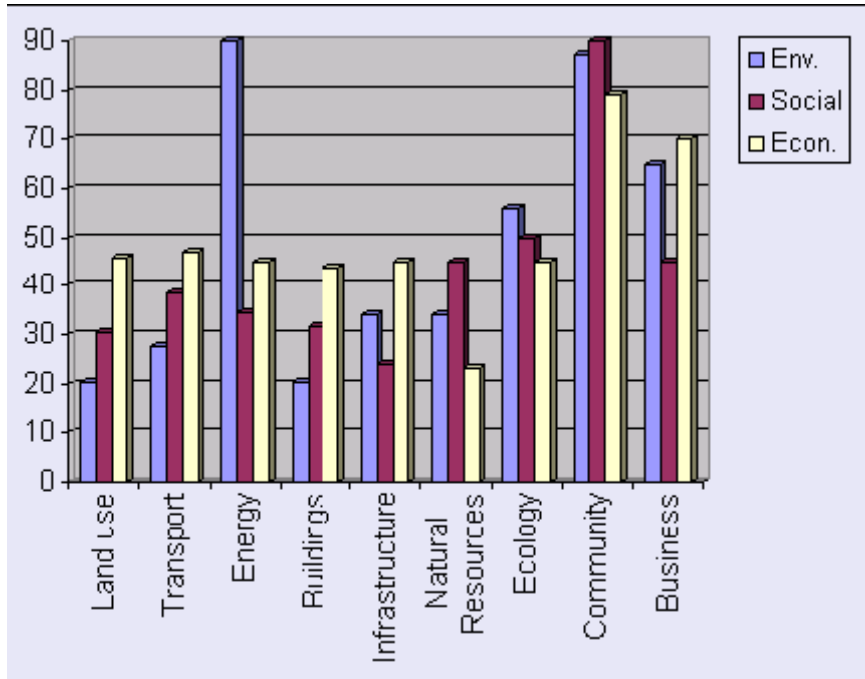


Fig11 : représentation graphique des niveaux de performances

Conclusion:

La méthode d'évaluation check-list permet d'avoir des compensations entre les différents éléments de la liste. En effet, une partie des éléments peut avoir une cotation médiocre alors que d'autres peuvent être plus efficaces permettant ainsi la compensation. Cependant, les méthodes check-list présentent parfois un problème de lisibilité à l'utilisateur. Il n'y a pas de référentiel commun à travers les check-lists permettant la cotation et la pondération. Une des difficultés des méthodes check-list est l'adaptation aux spécificités régionales en les rendant sensibles aux facteurs régionaux face aux exigences nationales.

III.2- Méthodes ou Systems de soutien de planification environnementale de projet d'architecture

1- Méthodes de soutien de la conception [ZIMMERMAN, 2005]

Le processus de conception intégrée (PCI)

- **Description**

Le processus de conception intégré ou **PCI**, comme l'appellent les praticiens, a été utilisé au début des années 1990 dans le cadre du programme C-20001 du gouvernement du Canada et du concours Défi IDÉES2. Il s'agit d'une approche holistique à la conception des bâtiments. Il a été démontré que ce processus de conception donnait des résultats plus probants que ne le faisait un investissement en biens d'équipement.

Aujourd'hui, il n'existe pas de « bonne » définition unique du **PCI**. Le **PCI** décrit plutôt une méthode différente et intentionnelle d'aborder la conception de bâtiments et de collectivités durables, qui offre une probabilité de réussite beaucoup plus élevée que toute autre méthode. Le **PCI** fait de plus en plus d'adeptes parmi les praticiens. Chacun d'entre eux a une façon différente et valable d'y recourir, selon ses expériences et ses façons de faire. La plupart conviendront toutefois que les différentes définitions comportent plusieurs points en commun.

- **Application du PCI**

Un des aspects intéressants du PCI est que, contrairement à de nombreuses autres méthodes ou système de soutien de la conception, il s'applique à une gamme étendue de situations et de bâtiment. Ainsi, s'il fut conçu en fonction de quelques sortes de bâtiments neufs, il s'applique bien à une grande variété de bâtiments de même qu'à des projets de rénovation.

- **Méthodologie**

Pour mieux comprendre le **PCI**, il serait utile de commencer par caractériser le processus conventionnel de conception. Celui-ci débute souvent quand l'architecte et le client s'entendent sur les concepts généraux de projet.

Le PCI se différencie d'une méthode de conception classique de bien des façons : Le client joue un rôle plus actif dans l'équipe de conception ; l'architecte abandonne son rôle de « créateur unique » pour devenir chef d'équipe ; en fin, les ingénieurs en mécanique et en électricité prennent part active au projet dès le début. L'équipe compte toujours un spécialiste de l'énergie et, dans certains cas, une personne indépendantes qui facilite la conception.

Le PCI ne contient pas d'éléments particulièrement inédits, mais réunit des méthodes éprouvées en un tout systémique et complet. L'apport d'ingénieurs en mécanique et en électricité et de consultants plus spécialiste peut être prévu autant début de la conception. Quand les principaux intervenants collaborent, il en résulte un bâtiment très efficace à un cout supplémentaire minime ou même nul et, à long terme, des frais d'exploitation et d'entretien réduits.

- **La spécificité de la méthode PCI**

_ **Processus guidé par les objectifs**, le principal objectif est la durabilité, mais il faut également déterminer des objectifs, des buts et des cibles auxiliaires explicites comme moyens de parvenir à l'objectif ultime;

_ **Processus facilité** par une personne dont le rôle principal n'est pas de concevoir le bâtiment ou des parties de celui-ci, mais d'assumer la responsabilité du processus de conception;

_ **Processus structuré** pour traiter des enjeux et des décisions dans le bon ordre, évitant ainsi la mauvaise performance du bâtiment résultant de décisions irréversibles prises en fonction d'intrants ou de renseignements incomplets;

_ **Prise de décision claire** pour que le processus décisionnel et le processus de résolution des conflits importants soient bien compris;

_ **Processus inclusif** – chacun des intervenants, du propriétaire à l'opérateur, apporte une contribution essentielle à la conception du projet et doit s'exprimer;

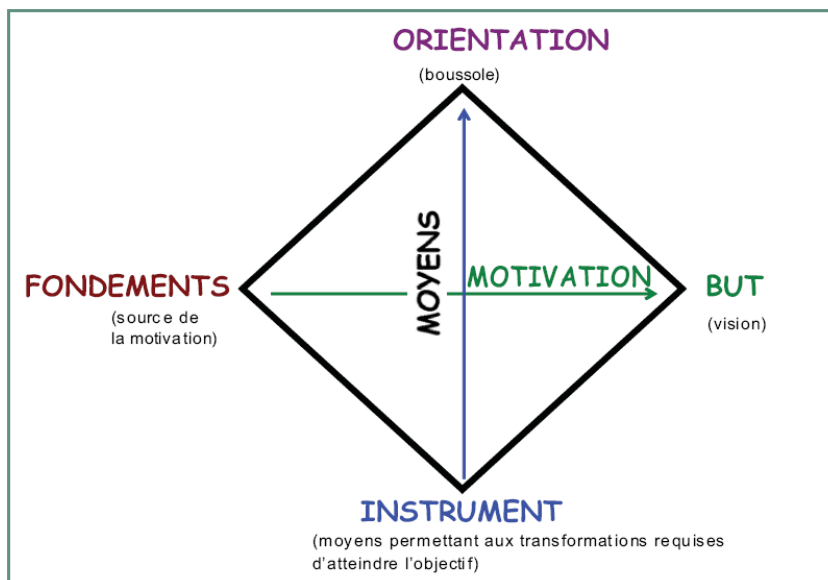
_ **Processus collectif**, de sorte que l'architecte n'est pas simplement celui qui donne forme au bâtiment, mais plutôt celui qui agit comme chef d'une équipe élargie au sein de laquelle tous les membres ont des rôles plus actifs à jouer, plus tôt dans le processus;

_ **pensée holistique ou systémique** ayant pour objectif de réaliser un projet dont le tout est plus grand que la somme des parties, et qui peut même s'avérer plus économique;

_ **Établissement d'un budget pour l'ensemble du bâtiment** – ce qui assure une souplesse financière, de sorte que l'argent est dépensé là où il est le plus utile lorsqu'on procède par solution holistique;

_ **Processus itératif** permettant de profiter de nouveaux renseignements ou de peaufiner les décisions antérieures;

_ **expertise non traditionnelle** – au sein de l'équipe, s'il y a lieu, ou ajoutée à des moments non traditionnels pour contribuer au processus.



Tétrade de Pamela Mang

Fig.12 – schéma des Objectifs et orientation du PCI

- **Déroulement de PCI**

En générale, le processus de conception se déroule comme suit :

- 1- Établissement d'objectifs de rendement pour une large brochette de paramètres et mise au point de stratégies préliminaire pour les réaliser. Ce la peut sembler évident, mais dans le contexte d'un système de conception intégrée, il faut réunir différentes compétences et perspectives techniques dès la conception préliminaire a fin d'aider le propriétaire et l'architecte à laisser de coté les solutions mois qu'optimales.
- 2- Réduction des charges de chauffage et de climatisation et maximisation de l'éclairage naturel grâce à l'orientation du bâtiment, à sa configuration, à l'efficacité de son enveloppe et à une étude soignée de la fenestration (nombre de fenêtres, sortes(s) et emplacement précis).
- 3- Élaboration de solutions pour les charges de chauffage et de climatisation grâce à une utilisation maximale de technologies vertes, notamment solaires, et à l'utilisation de systèmes CVC efficaces ; mais ne pas oublier les objectifs de rendement pour la qualité de l'air le confort thermique, les niveaux et qualités de l'illumination et la réduction du bruit.
- 4- Répétition du processus a fin de produire au mois deux ou, de préférence, trois conception possibles, utilisation de simulations énergétiques pour vérifier améliorations : a fin, choix de l'option la plus prometteuse et développement ultérieur de celle-ci.

- **Étapes génériques du PCI**

- a- Évaluer les conceptions du site (Préparer un rapport sur les conditions du site)
- b- Examiner le programme ; établir des objectifs de rendement et des stratégies (Préparer un rapport sur le programme fonctionnel et les objectifs de rendement)
- c- Réunir l'équipe de conception
- d- Tenir un atelier de conception (Résumer les résultats de l'atelier dans un rapport sur l'atelier de conception et en remettre des exemplaires à tous les intéressés)
- e- Étudier les problèmes de mise en valeur du site (Évaluer les questions entourant la mise en valeur du site dans une ébauche du plan des impacts)
- f- Élaborer le concept (Préparer le rapport de conception)
- g- Choisir la sorte de structure voulue
- h- Élaborer la conception de l'enveloppe du bâtiment
- i- Commencer à élaborer l'illumination et le système énergétique
- j- Conception préliminaire : Ventilation, chauffage et climatisation
- k- Choisir les matériaux
- l- Terminer la conception et la documentation
- m- Élaborer des stratégies d'assurance de la qualité pour la construction
- n- Élaborer des stratégies d'assurance de la qualité pour l'exploitation
- o- Surveillance

• **Caractéristique de PCI**

Le **PCI** se caractérise en particulier par une boucle de rétroaction à chaque étape ; entre les étapes se situent des moments de transitions ou se prennent les décisions au sujet des étapes clés. Les membres pertinents de l'équipe de conception participent à différentes boucles.

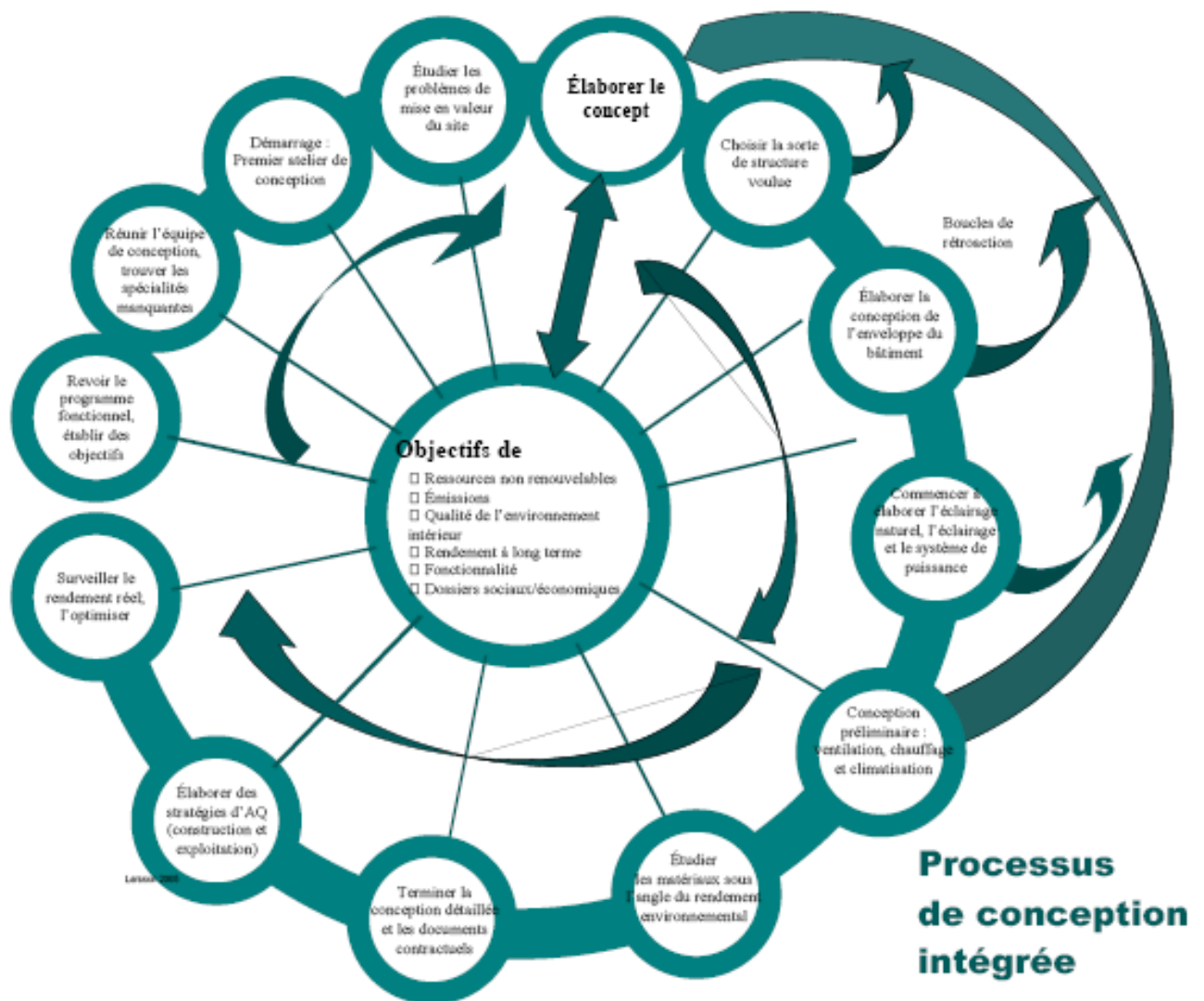


Fig.13- schéma de structure de PCI

Conclusion:

Le PCI représente une articulation des concepts d'architecture et d'ingénierie dans la recherche de concevoir des constructions durables. Le déroulement de cette méthode est à structure collaborative et synergique entre les différents intervenants de la construction. Sa spécificité c'est qu'il ne respecte pas l'ordre chronologique d'intervention des acteurs selon les différentes phases de projet, mais la collaboration de ses derniers commence dès le début du processus de projet.

Ces qui manquent au niveau de cette méthode, les ressources nécessaires à l'élaboration des logiciels connexes d'aide à la conception et de soutien de cette activité collaborative.

2- Référentiel du système de management environnemental pour le maître d'ouvrage

Le référentiel s'appuie sur la structure de la norme ISO 14001 [VALICOURT, 2001]

La norme ISO 14001 fixe les exigences d'un SME qui met en œuvre et réalise le processus dynamique et cyclique « planifier, mettre en œuvre, contrôler et revoir ».

Cette norme est destinée aux maîtres d'ouvrage qui souhaitent mettre en place un SME adapté aux opérations dont ils ont la maîtrise. Cependant, l'application à une opération unique reste possible.

- **structure de la norme ISO 14001**

- **Politique environnementale Planifications**
 - Aspects environnementaux
 - Exigences légales et autres exigences
 - Objectifs et cibles
 - Programme(s) de management environnemental
- **Mise en œuvre et fonctionnement**
 - Structure et responsabilités
 - Formation, sensibilisation et compétence
 - Communication
 - Documentation
 - Maîtrise de la documentation
 - Maîtrise opérationnelle
 - Prévention des situations d'urgence et capacité à réagir
- **Contrôle et action corrective**
 - Surveillance et mesurage
 - Non-conformité, action corrective et action préventive
 - Enregistrements
 - Audit
- **Revue de direction**

- **Exigences générales**

La mise en œuvre d'un SME, tel qu'elle est décrite dans la norme ISO 14001, a pour objet d'entraîner l'amélioration de la performance environnementale des opérations. La performance environnementale est, au titre de la norme ISO 14001, constituée des « résultats mesurables du SME, en relation avec la maîtrise par l'organisme (le maître d'ouvrage) de ses aspects environnementaux sur la base de sa politique environnementale, de ses objectifs et cibles environnementales ».

Les principes de la norme sont fondés sur l'idée que le maître d'ouvrage va revoir périodiquement et évaluer son SME afin d'identifier les opportunités d'amélioration et de mise en œuvre de ces améliorations. Les améliorations apportées au SME ont pour objet d'entraîner des améliorations supplémentaires de la performance environnementale.

Le SME fournit un déroulement organisé et cohérent en vue d'obtenir une amélioration continue, à un rythme et avec une importance qui seront déterminés par le maître d'ouvrage à la lumière du contexte économique et d'autres circonstances. Bien que l'on puisse s'attendre à une certaine amélioration de la performance environnementale suite à l'adoption de cette approche systématique, il convient de comprendre que le SME est un

outil qui permet au maître d'ouvrage d'atteindre et de maîtriser systématiquement le niveau de performance environnementale qu'il se fixe. L'établissement et le fonctionnement d'un SME n'entraîneront pas nécessairement en eux-mêmes une réduction immédiate d'un impact environnemental négatif.

Un maître d'ouvrage a toute liberté et toute souplesse pour définir les limites du champ d'action de son SME. Il peut choisir d'appliquer la norme internationale à l'ensemble de ses opérations ou à certaines d'entre elles.

Le niveau de détail et de complexité du SME, l'importance de la documentation et le niveau des ressources qui lui sont allouées dépendront de la taille de l'organisme et de la nature de ses activités.

L'intégration des questions liées à l'environnement dans le système de management global peut contribuer à une mise en œuvre efficace du SME aussi bien qu'à l'efficacité et à la clarification des rôles pour les actions opérationnelles ayant trait à la programmation, la conception, la réalisation et la gestion des bâtiments. La valeur pédagogique de la démarche ne se limite pas au seul champ de l'environnement.

Il convient que le système permette à un maître d'ouvrage:

- D'établir une politique environnementale qui lui est adaptée,
- De réaliser des évaluations sur des opérations existantes fournissant des critères quantitatifs et qualitatifs quant au niveau des impacts environnementaux de ces opérations. Ces évaluations permettent d'identifier les aspects environnementaux à prendre en compte pour l'opération projetée,
 - D'identifier les exigences d'ordre législatif et réglementaire applicables,
 - D'identifier les priorités et de fixer les objectifs et cibles environnementaux appropriés,
 - D'établir une structure et un ou plusieurs programme (s) afin de mettre en œuvre la politique et d'atteindre les objectifs et cibles fixés,
 - De faciliter les activités de planification, maîtrise, surveillance, action corrective, audit et revue pour s'assurer simultanément que la politique environnementale est suivie et que le SME demeure approprié,
 - D'être capable de s'adapter au changement de circonstances.

- **Politique environnementale**

La politique environnementale est l'élément moteur de la mise en œuvre et de l'amélioration du Système de Management Environnemental du maître d'ouvrage, de sorte qu'il puisse maintenir et améliorer potentiellement sa performance environnementale.

Il convient donc que la politique reflète l'engagement de la direction à son plus haut niveau à se conformer aux lois en vigueur et à poursuivre une amélioration continue.

NOTA - Le plus haut niveau de la direction de l'organisme représente la personne ou le groupe de personnes qui possède la responsabilité ultime de décision pour les opérations. Il convient également que le maître d'ouvrage :

- Définisse le périmètre d'application du SME :
- Pratique de construction de bâtiments (programmation, conception et réalisation jusqu'à la livraison des travaux),
- Pratique d'adaptation de bâtiments,
- Pratique d'exploitation de bâtiments,
- Pratique de déconstruction,

- Pratique de construction, d'exploitation, d'adaptation et de déconstruction de bâtiments,
- Tout ou partie des pratiques précédentes appliquées à plusieurs ensembles distincts de bâtiments. Par la suite, chaque pratique sera appelée « opération ».
- S'assure que les méthodes utilisées relèvent des principes applicables en matière de prise en compte de l'environnement:
 - « Eco conception » (réponse à un exigentel environnemental structuré selon le phasage des opérations),
 - Prise en compte du cycle de vie des bâtiments,
 - Approche en coût global.
 - Décrive les moyens qu'il affecte au SME,
 - Détermine le niveau d'exigences environnementales qu'il souhaite obtenir,
 - Définisse les exigences relatives aux choix de ses sous-traitants.

La politique environnementale constitue la base sur laquelle s'appuie le maître d'ouvrage afin de fixer ses objectifs et cibles. Il convient que la politique environnementale soit suffisamment claire pour être comprise par les parties intéressées (acteurs concernés par la (les) opération(s)), qu'elle soit périodiquement passée en revue et révisée pour tenir compte des changements de condition et des informations disponibles, modifiant l'appréciation que l'on pourrait avoir des impacts environnementaux. Il convient que son périmètre d'application soit clairement identifié.

- **Planification**

- **Aspects environnementaux**

Le paragraphe 4.3.1. De la norme a pour objet de fournir au maître d'ouvrage un processus d'identification des aspects environnementaux significatifs qui devront être pris en considération, en priorité, par le SME.

Les aspects environnementaux significatifs sont identifiés dans le cadre d'une analyse qui s'appuie autant que possible sur des données quantifiées. Il est indispensable de pouvoir disposer des ressources financières et humaines afin de pouvoir conduire une telle analyse en vue de collecter des données fiables.

Les informations déjà fournies à des fins réglementaires ou autres peuvent être utilisées dans cette démarche. Pour la caractérisation des impacts environnementaux significatifs, les maîtres d'ouvrage peuvent aussi prendre en compte le degré de maîtrise qu'ils peuvent avoir sur ceux-ci. Ils peuvent également s'appuyer sur les pratiques et éléments issus des autres opérations dans la mesure où celles-ci sont comparables.

Il convient qu'un maître d'ouvrage établisse une analyse environnementale au démarrage de toute opération. Cette analyse doit couvrir cinq domaines principaux :

- Inventaire des exigences législatives et réglementaires,
- Prise en compte des conditions de fonctionnement des opérations, normales et anormales.
- Identification des aspects environnementaux significatifs, c'est à dire les points représentant une charge environnementale importante par rapport à la politique environnementale du maître d'ouvrage,
- Examen des procédures et des pratiques existantes dans le secteur du bâtiment et dans le domaine de l'environnement,

- Retour d'expériences par la prise en compte dans les analyses des dysfonctionnements survenus sur d'autres opérations (mauvaise gestion des déchets de chantier, délais trop courts, vieillissement prématuré ou bâtiments insalubres, dépassement de budget, etc.).

Une démarche appropriée pour cette analyse peut englober des listes de vérification, des entretiens, des mesures et des inspections directes, des résultats d'audits antérieurs ou d'autres analyses selon la nature des opérations menées par le maître d'ouvrage.

Il convient que le processus d'identification des aspects environnementaux significatifs, associés aux opérations conduites par le maître d'ouvrage, prenne en considération les facteurs suivants :

- Consommation de ressources naturelles,
- Émissions atmosphériques,
- Effluents,
- Contamination du sol,
- Production de déchets de chantier et/ou d'activités,
- Autres points relatifs à l'environnement local et aux collectivités, etc.

- **Objectifs**

Outre les objectifs généraux que le maître d'ouvrage s'est fixés, il convient qu'il adopte les objectifs spécifiques à l'opération, que les cibles soient mesurables partout où cela est possible, et qu'ils prennent en compte des mesures préventives, s'il y a lieu.

Il convient qu'un maître d'ouvrage évalue les coûts d'investissement et de fonctionnement (approche en coût global) engendrés par ses différents choix.

Dans la mesure où il en contrôle les éléments, il convient que le maître d'ouvrage mette en place un suivi, en fonction du phasage d'une opération, qui correspond au cycle de vie d'un bâtiment de sa réalisation à sa déconstruction :

- Études pré-opérationnelles (par exemple : Qualité Environnementale du site),
- Programmation,
- Choix de la maîtrise d'œuvre (consultation ou concours),
- Conception (contrat de maîtrise d'œuvre, Esquisse (ESQ), Avant-projet Sommaire (APS), Avant-projet Définitif (APD), Projet / Dossier de Consultation des entreprises (PRO / DCE), Assistance aux Contrats de Travaux (ACT),
- Réalisation des travaux (Direction et Exécution des Travaux (DET), Assistance aux Opérations de Réception (AOR),
- Gestion et exploitation de l'ouvrage,
- Déconstruction et fin de vie de l'ouvrage.

Il convient que le maître d'ouvrage s'inscrive dans la démarche de préoccupation environnementale de bâtiment dont les objectifs sont les suivants :

- Maîtriser les impacts d'un bâtiment sur l'environnement extérieur,
- Créer un environnement intérieur confortable et sain.

- **Programme de management environnemental**

Le programme de management environnemental doit s'intégrer au programme fonctionnel, architectural, technique et environnemental de l'opération.

L'élaboration et le suivi du programme de management environnemental est un élément clé du succès de la mise en œuvre du SME.

En fonction du champ d'application du SME défini par le maître d'ouvrage et de la hiérarchisation des cibles, le programme doit comporter la prise en compte des différents stades du déroulement d'une opération.

Le programme environnemental constitue le tableau de bord indispensable au maître d'ouvrage de caractériser l'opération, de suivre l'état d'avancement et éventuellement de rectifier au fur et à mesure du déroulement de la démarche de qualité environnementale ayant pour support le SME.

Il convient que le programme décrive comment les objectifs et cibles fixés par le maître d'ouvrage seront atteints, notamment en indiquant :

- Le calendrier de l'opération en fonction du phasage,
- Le personnel et les différents acteurs responsables de la mise en œuvre de la politique environnementale du maître d'ouvrage durant toute l'opération.
- Les documents par cibles.

Pour cela, le maître d'ouvrage s'appuiera sur les documents suivants :

- La définition des cibles,
- Les indicateurs du SME,
- Les indicateurs de la Définition Explicite de la Qualité Environnementale,
- Autres documents.

- **Mise en œuvre et fonctionnement**

- **Structure et responsabilité**

Le succès de la mise en œuvre d'un SME suppose l'engagement de l'ensemble des acteurs d'une opération particulière ou d'une pluralité d'opérations. Par conséquent, il convient que les responsabilités dans le domaine de l'environnement soient définies et partagées par tous les acteurs d'une opération.

Il est indispensable que cet engagement commence au niveau du maître d'ouvrage, commanditaire de l'opération. Le maître d'ouvrage exprime son engagement en élaborant et en diffusant sa politique environnementale et en mettant en œuvre un suivi pour s'assurer de la mise en œuvre du SME.

Dans le cadre de cet engagement, il convient que la direction au plus haut niveau désigne, pour la représenter, une ou plusieurs personne (s) ayant une responsabilité et une autorité définies pour mettre en œuvre le SME d'une opération ou de plusieurs opérations. Pour des opérations importantes ou complexes, il peut y avoir plus d'un représentant désigné. Dans les petites opérations, ces responsabilités peuvent reposer sur un seul individu. Il convient également que la direction au plus haut niveau s'assure que des ressources appropriées sont allouées pour que le SME puisse être mis en œuvre et maintenu. Un transfert de responsabilité sur un acteur opérationnel, dans le cadre d'une opération spécifique, est possible. Il doit faire l'objet de la part du maître d'ouvrage d'un contrat garantissant que les moyens et les outils de contrôle sont assurés.

Il est également important que les responsabilités clés du SME soient bien définies et communiquées aux acteurs concernés. Dans le cas d'une opération de construction d'un bâtiment, la pluralité des acteurs nécessite de définir les responsabilités.

Les autres acteurs intervenant dans les différentes phases d'une opération doivent également nommer un responsable, identifié comme étant partie prenante du SME de l'opération pour les tâches qui les concernent.

- Formation, sensibilisation et compétence

Il convient que le maître d'ouvrage établisse et maintienne des procédures d'identification des besoins en formation.

Il convient que le maître d'ouvrage détermine le niveau d'expérience, la compétence et la formation nécessaire à garantir la capacité de son personnel en charge de l'opération, et plus particulièrement celui qui a la responsabilité du SME.

Le maître d'ouvrage doit s'assurer également que tous les acteurs intervenant sur l'opération ou les opérations aient reçu une formation appropriée et puissent le démontrer.

- Communication

Il convient que les maîtres d'ouvrage mettent en place une procédure pour recevoir, documenter et répondre aux informations et demandes pertinentes des acteurs concernés directement et indirectement par l'opération (par exemple : usagers, riverains, collectivités territoriales, etc.).

Cette procédure peut inclure le dialogue avec ces acteurs et la prise en considération de leurs préoccupations propres. Dans certains cas, les réponses à leurs préoccupations peuvent inclure une information appropriée sur les impacts environnementaux liés à l'opération (par exemple : réunions publiques, journal de chantier à faibles nuisances, déclaration environnementale, etc.).

- Documentation du Système de Management Environnemental

Il convient que le niveau de détail de la documentation soit suffisant pour décrire les éléments essentiels du Système de Management Environnemental et leurs interactions.

Il convient que la documentation indique où l'on peut obtenir des informations plus détaillées sur le fonctionnement d'éléments spécifiques du SME.

Le maître d'ouvrage doit s'assurer que le sous-traitant des différents niveaux de mise en œuvre opérationnelle sont suffisamment informés des obligations issues de la mise en œuvre et du maintien du SME.

Cette documentation peut être intégrée avec la documentation d'autres systèmes mis en œuvre par le maître d'ouvrage. Il n'est pas nécessaire qu'elle se présente sous la forme d'un manuel unique (par exemple : une partie du compte-rendu de chantier classique peut être consacrée au chantier à faibles nuisances).

La documentation considérée comprend entre autre :

- La politique environnementale du maître d'ouvrage,
- Des organigrammes de responsabilités,
- Le traitement des cibles (tableau de bord, justificatifs, etc.),
- Des informations sur les produits, systèmes et procédés de construction,
- Des normes et des procédures de fonctionnement de l'opération.

Le maître d'ouvrage utilise tout moyen à sa convenance pour informer et répondre aux questions des parties intéressées (acteurs non directement impliqués dans la conception et la réalisation de l'opération).

- Maîtrise de la documentation

Il s'agit de s'assurer que les maîtres d'ouvrage créent des documents et les tiennent à jour de façon suffisante pour mettre en œuvre et assurer le suivi du SME.

Cependant, il convient que la préoccupation principale des maîtres d'ouvrage soit la mise en œuvre efficace du SME et la performance environnementale plutôt que la mise en place d'un système complexe de maîtrise de la documentation.

- Maîtrise opérationnelle

Il convient que le maître d'ouvrage identifie et planifie les exigences et les actions à mener en établissant des procédures opérationnelles et en les fournissant aux acteurs concernés. Par exemple, le maître d'ouvrage qui souhaite que soit mis en place un tri des déchets de chantier en vue d'une valorisation, s'assure de l'existence des moyens adaptés (filières existantes à proximité, réalisation du tri, prescriptions dans les documents d'appels d'offres, suivi des entreprises, bordereaux de suivi des déchets).

-Prévention des situations d'urgence et capacité à réagir

Il convient que le maître d'ouvrage s'assure en particulier que ses sous-traitants ont des procédures ad hoc.

- **Contrôle et action corrective**

- Surveillance et mesurage

Il s'agit de décrire les actions nécessaires pour quantifier et qualifier les aspects environnementaux à toutes les phases du projet (par exemple: quantité de déchets, consommations énergétiques, mesures de bruit, etc. aux différentes phases de l'opération).

- Non-conformité, action corrective et action préventive

Le SME doit permettre de développer de bonnes pratiques professionnelles. Toutefois, des erreurs d'interprétation, des instructions mal formulées ou mal comprises peuvent créer des situations qui nuisent à la bonne réalisation du SME.

Lors de l'établissement et de la tenue à jour des procédures de recherche et de correction des non conformités, il convient que le maître d'ouvrage prenne en compte les éléments fondamentaux suivants :

- Identification de la cause de non-conformité,
- Identification et mise en œuvre de l'action corrective nécessaire,
- Mise en œuvre ou modification des contrôles nécessaires pour éviter une répétition de la non-conformité,
- Enregistrement des changements éventuels dans les procédures écrites suite à l'action corrective. Selon la situation, cette démarche peut être accomplie rapidement et avec un minimum de planification formelle, ou bien il peut s'agir d'une activité plus complexe et à plus long terme. Il convient que la documentation associée corresponde au niveau de l'action corrective.

- Enregistrements

Il convient que les procédures d'identification, de tenue à jour et de mise à disposition des enregistrements s'appliquent essentiellement aux enregistrements nécessaires à la mise en œuvre et au fonctionnement du SME, et servent à enregistrer dans quelle mesure les objectifs et cibles planifiés ont été atteints.

Les enregistrements relatifs à l'environnement peuvent inclure :

- Les informations sur la législation environnementale applicable et les autres exigences,
- Les enregistrements relatifs à la formation,
- Les informations sur les produits, systèmes et procédés de construction,
- Les enregistrements de contrôle d'opération(s),
- Les informations pertinentes sur les sous-traitants et fournisseurs,
- Les rapports d'incidents,
- Les informations relatives aux aspects environnementaux significatifs,
- Les résultats d'audits,
- Les revues de direction.

Il convient de s'assurer que les informations confidentielles ou susceptibles de nuire à l'activité d'un acteur d'une opération ne soient diffusées qu'aux seuls responsables pour leur permettre d'agir conformément à la politique du maître d'ouvrage.

- Audit du Système de Management Environnemental

L'audit a pour objectif de s'assurer que la mise en œuvre du SME s'effectue en conformité avec la politique environnementale du maître d'ouvrage.

Il convient que le maître d'ouvrage s'assure qu'un programme d'audit et les procédures qui s'y rapportent sont établis.

Il s'agit notamment que ce programme et ces procédures décrivent :

- Les activités qui doivent être auditées,
- La fréquence des audits,
- Les modalités d'organisation des audits,
- Les modalités de communication des résultats des audits,
- La compétence et la formation de l'auditeur,
- La manière de conduire les audits.

Il convient que les personnes qui réalisent l'audit soient en mesure de le faire avec impartialité et objectivité.

• Revue de direction

La revue de direction s'effectue après chaque opération afin de modifier et d'améliorer la performance environnementale du SME.

De façon à maintenir l'amélioration continue, la pertinence, l'efficacité et donc la performance du SME, il convient que le maître d'ouvrage passe en revue et évalue le système à intervalles définis. Il convient que le champ de cette revue soit complet, bien que tous les éléments du SME n'aient pas nécessairement besoin d'être revus en même temps et que l'opération puisse s'étaler sur une certaine durée.

Il convient que la politique environnementale, les objectifs et les procédures soient revus par des personnes appartenant au niveau de direction qui a participé à leur définition.

Il convient que ces revues prennent en compte :

- Les résultats des audits,
- Dans quelle mesure les objectifs et cibles ont été atteints,

- La permanence de la pertinence du SME en fonction des informations reçues et du changement des conditions environnantes,
- Les préoccupations émanant des parties intéressées.

Il convient de documenter les observations, conclusions et recommandations afin d'entreprendre les actions nécessaires.

CHAPITRE : 2

IV- Contexte de l'étude

La question environnementale comme un enjeu clef pour les démarches architecturale. Structurer les démarches et les objectifs à atteindre.

La définition des critères à prendre en compte et les différents modes de mesure pour évaluer la performance de chacun des critères et la qualité générale. En posons comme hypothèse que la démarche « environnementale » est une démarche globale et qu'il est important d'avoir lors de la conduite du projet une vision générale des différents paramètres.

1- La dimension environnementale des bâtiments et le développement durable

Le souci de prendre en compte et de protéger l'environnement, les ressources naturelles et de lutter contre la pollution amène à un nouveau comportement : garantir le bien être actuel sans compromettre celui des générations futures.

A cette préoccupation environnementale est lié évidemment un volet économique (produire et consommer autrement) et social (n'oublier personne)... Ces trois thèmes sont les piliers du Développement Durable.

Le développement durable, on en en parle, il est à la mode... mais concrètement ?
Chacun est concerné, chacun peut agir, personnellement et professionnellement.

La filière de la construction est tout particulièrement concernée et doit se mobiliser parce qu'elle produit des matériaux, qu'on transporte ou qu'on les met en œuvre pour des bâtiments qui s'inscrivent durablement dans le paysage, qui génèrent des déchets (en phase de construction, d'utilisation et de démolition ou remplacement) et qui consomment de l'énergie (éclairage, matériel, chauffage, climatisation).

Associée au domaine du bâtiment, cette préoccupation conduit à concevoir, construire et faire vivre des bâtiments qui possèdent toutes les qualités d'usage, techniques et architecturales des bâtiments classiques, tout en limitant leurs impacts sur l'environnement. Ce respect de l'environnement s'applique à toutes les échelles, depuis l'intérieur du bâtiment jusqu'à celle de la planète et à toutes les périodes, depuis la fabrication des matériaux jusqu'à la déconstruction. Il ne s'agit ni d'une nouvelle discipline, ni de nouvelles applications technologiques, pour les bâtiments. Il s'agit de nouvelles préoccupations, de nouvelles questions à se poser, d'une nouvelle façon à travailler sur les bâtiments, qui recouvrent un grand nombre de thèmes :

- La participation du bâtiment et de sa parcelle à l'amélioration de la qualité environnementale de ses alentours.
- Préservation et restauration des écosystèmes vivants, maîtrise des nuisances, rejets, pollutions, infrastructures et services collectifs.
- la prise en compte, dans la conception, des alentours du bâtiment, du site, du climat, de diverses nuisances
- l'amélioration du confort : éclairage naturel, acoustique, confort thermique d'hiver et d'été
- la limitation des pollutions et la maîtrise des consommations de ressources, matières premières, énergie, eau... dans tous les processus participants à la fabrication, à la vie et à la fin de vie du bâtiment et de ses composants
- la prise en compte des critères économiques, raisonnables et d'équité sociale dans les choix de conception, de construction et de gestion.

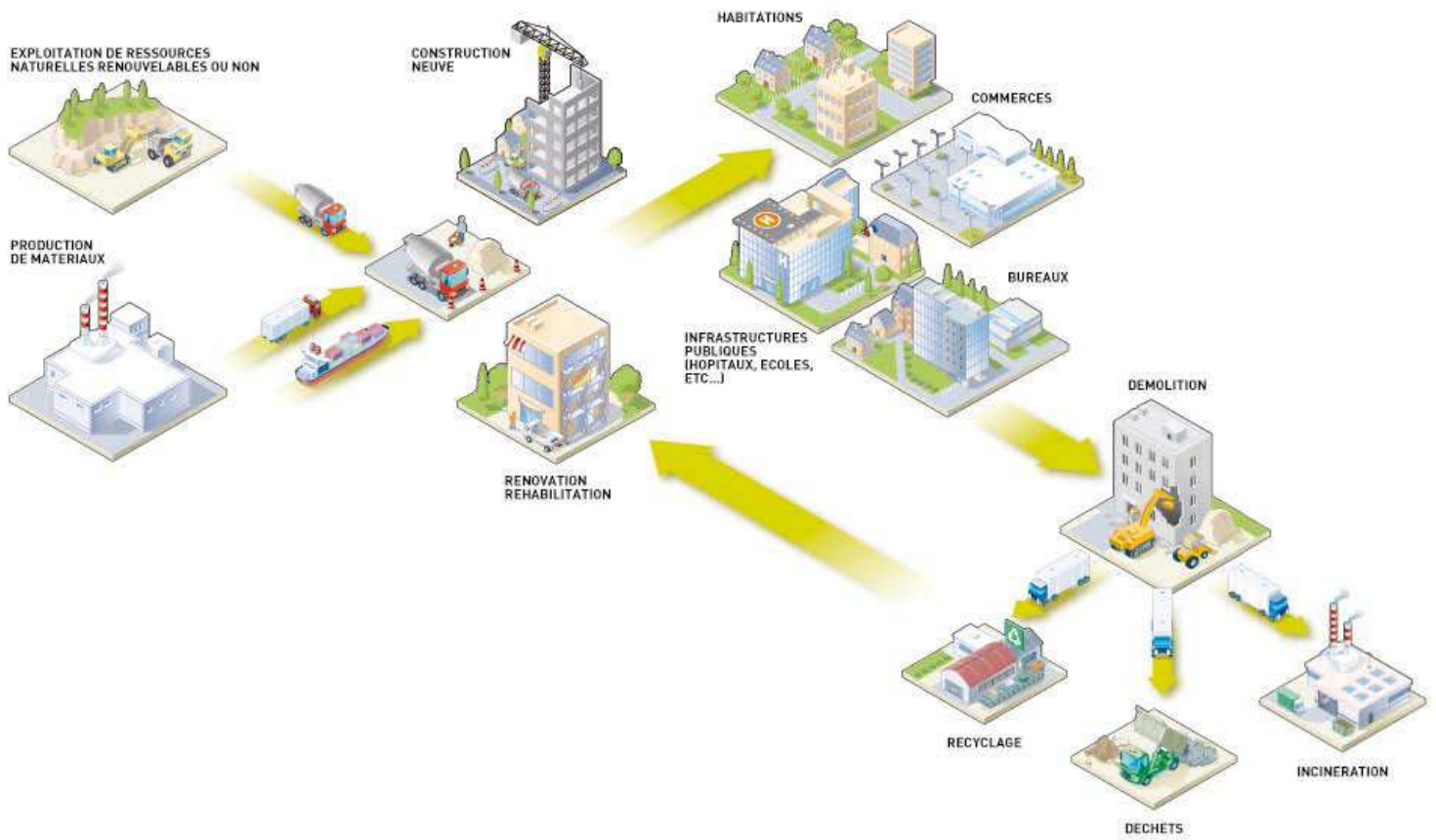


Fig. – Schéma des enjeux économiques, environnementaux et sociaux des bâtiments

(Extrait du rapport Construction durable : www.constructiondurable.com)

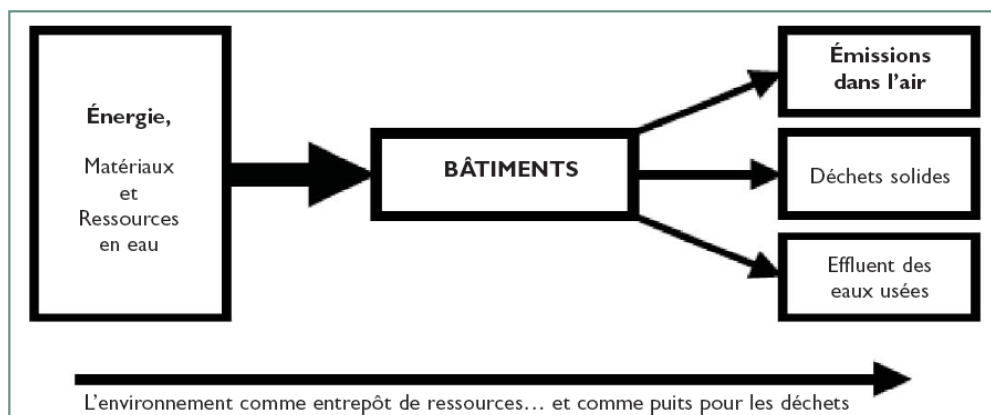


Fig.14– Les bâtiments comme transformateur des ressources en déchets

2- La démarche environnementale conceptuelle de projet

L'éco-conception c'est-à-dire la prise en compte des aspects environnementaux dans la conception, ne consiste pas simplement à additionner des « éco-technique », favorable à l'environnement. La conception, en particulier d'un objet complexe comme un bâtiment, met en jeu une combinaison d'éléments en interaction d'où un risque de sous - optimisation. Ce là a monté de la démarche de sa question technique vers la question de mangement environnementale de projet.

2.1- Phase préconception:

La phase préconception : évaluer les besoins, dimensionner un projet adapté, estimer les coûts d'investissement et d'exploitation.

a- Choix et diagnostic environnemental de site :

Choisir un site, minimiser les impacts environnementaux (transport induits par le choix du site, présence de transports collectifs, collecte des déchets, exposition au soleil, disponibilité des énergies - gaz, chauffage urbain...), minimiser les nuisances liées au site (bruit, sources de pollution...).

Le diagnostic environnemental initial consiste en un état des lieux du site, d'un point de vue environnemental. Cet état des lieux permet d'identifier les enjeux environnementaux, de proposer des axes prioritaires de travail.

b- Préprogramme

À la suite du diagnostic environnemental, le scénario de Hiérarchisation des enjeux retenus se détermine. Le maître d'ouvrage et ou le chef de projet doit vérifier la faisabilité environnementale de son projet = » La politique environnementale du maître d'Ouvrage est axée sur des axes prioritaire.

c- Programmation

Il convient alors d'établir le référentiel environnemental qui caractérise les enjeux et qui complète le programme traditionnel. Il est aussi nécessaire de Définir des objectifs et établir des priorités par une démarche participative impliquant tous les acteurs concernés, cadrer le cout de construction en tenant compte d'une optimisation en coût global (incluant l'exploitation) et intégrer des objectifs de qualité environnementale dans le programme.

2.2- Phase conception

a- Esquisse : la validation de l'esquisse est une première étape importante car les réflexions portées sur l'implantation, l'orientation, l'architecture et les aménagements extérieurs orientent fortement la qualité environnementale du projet.

b- Études d'avant-projet : La vérification de la cohérence des travaux d'approfondissement de chaque intervenant de la maîtrise d'œuvre. Elle se solde par un véritable contrôle et de vérification de performance environnementale de projet.

c- Études de projet : elles consistent à transposer en éléments techniques et graphiques tous les efforts portés depuis l'origine du projet dans le document de

consultation des Entreprises. En effet, à ce stade, il n'y a plus de raisonnement par enjeu, mais une traduction par lots.

3- La prise en compte de la troisième dimension dans la démarche environnementale de projet

Les données environnementales de diagnostic de site, la démarche conceptuelle et l'évaluation de la performance environnementale de projet exige la prise en compte de la troisième dimension. Cette nécessité peut s'illustrer par l'exemple de l'ensoleillement dont la prise en compte est importante dans la conception d'un projet. Non seulement les valeurs d'ensoleillement sont différentes suivant l'orientation des façades (qui peuvent avoir elles mêmes des formes et hauteurs différentes) mais de plus par les effets de masques propres aux milieux urbains denses, ces valeurs varient considérablement entre les niveaux bas et haut d'un même immeuble. Il en va de même pour ce qui concerne l'exposition au vent, aux bruits ou au regard...

Il est alors nécessaire de moduler les données et d'évaluer la performance environnementale en fonction des différents niveaux des bâtiments, c'est -a- dire d'affecter les données et évaluer la performance non pas aux entités représentées en deux dimensions mais aux troisième dimensions. Par la décomposition de bâtiment en niveaux, en appartement, en pièce et détail. En associer à ces composantes des informations physiques environnementales, variables dans le temps et dans l'espace : ensoleillement, vent, son, etc.

CHAPITRE : 3

V-Recherche d'une méthode

Au cours des étapes de la conception architecturale à démarche environnementale, il est rare que les outils actuelles d'évaluation environnementale des bâtiments qui analysent quantitativement ou qualitativement les diverses alternatives du projet soient utilisés. Néanmoins, c'est pendant ces phases de la procédure de la conception, que des décisions importantes sont prises et qui vont influencer profondément sur le comportement du bâtiment en termes de performance environnementale. Donc, il est important de disposer d'une méthode qui puisse assister les concepteurs dans le choix des solutions architecturales et techniques permettant d'aboutir à un bâtiment qui présente une bonne performance environnementale.

1- Les attentes

L'outil d'aide à l'éco-conception du projet d'architecture permet de formaliser les différentes phases du processus de la conception architecturale et de contrôler la conformité par rapport aux exigences environnementales.

Cet outil permet d'accompagner le projet au moyen d'un système d'exploitation d'indicateurs techniques, physiques-environnementaux de gestion de la qualité, d'aide à la décision et d'amélioration continue de la performance environnementale du projet. L'outil prend en compte les résultats des simulations et les règles de tendances qualitatives.

Cet outil peut faciliter le dialogue et la concertation entre les acteurs du projet, en produisant une information claire et complète selon le degré de disponibilité de cette dernière à l'issue de chaque phase de la conception, dont sa description géométrique soit visible par les non-experts.

La représentation des résultats d'analyse qui décrivent le comportement environnementale du bâtiment est montrée sous forme de fiche de diagnostic dans laquelle des courbes et des graphiques ainsi que des valeurs et des réponses à des critères qualitatives sont exposés.

2- Les hypothèses

Bien que citées lors de la problématique, il est nécessaire de revenir sur les hypothèses fixées pour ce travail afin de mettre en place les méthodes et outils possibles.

La première hypothèse principale consiste à chercher l'intégration de la démarche environnementale en phase amont du projet.

En suite, comme cette étude se base sur l'exploitation des indicateurs d'évaluation de performance environnementale du projet architectural, il est primordial de définir les critères à prendre en compte lors de la démarche, leurs classifications et les différents modes de mesure pour évaluer la performance de chacun de ses critères ainsi que la qualité générale du projet.

Troisièmement, comme l'évaluation environnementale de la performance se base sur des critères de typologies différentes, on doit prévenir dès le début de la démarche une méthodologie de résolution de la contradiction entre certains critères.

Enfin, il convient de chercher l'adaptation de l'évaluation de la performance du projet et la prise en compte des données environnementales à l'issue de chaque phase du processus de la conception dans un descriptif géométrique 3D du projet.

Finalement, les questions sont donc :

Hypothèse 1 : comment intégrer la démarche environnementale dès les phases amont du projet?

Hypothèse 2 : selon quel concept peut-on arranger les différents critères d'évaluation et quel mode de mesure permet d'évaluer la performance de chacun des critères?

Hypothèse 3 : quelle méthode adoptée pour la résolution des contradictions entre critères?

Hypothèse 4 : quel modèle géométrique peut-on adopter à chaque phase du projet, quelle décomposition peut-on avoir et quelle information technique, physique environnementale peut-on associer?

3- Proposition des méthodologies

Il est important de chercher à répondre à ces diverses questions en proposant diverses méthodes à adopter dans la démarche environnementale du projet et finalement conclure par la combinaison de ces méthodes et leur structuration dans une combinaison unique.

3.1- L'approche

Une méthodologie de traitement par question à suivre doit être clairement établie dans un schéma de cohérence de travail général d'approche environnementale conceptuelle du projet d'architecture en prenant en compte la spécificité du domaine.

3.1.1- Hypothèse 1 : comment intégrer la démarche environnementale dès les phases amont du projet ?

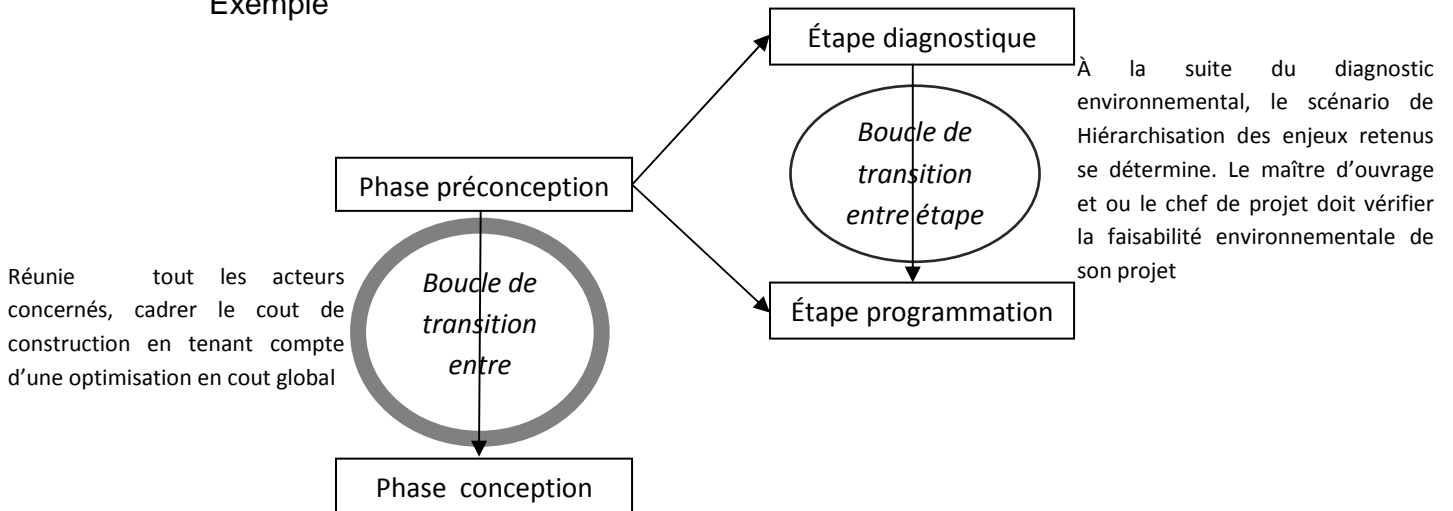
Procéder à une planification environnementale par phase et étape du processus de la conception de projet d'où la spécification des critères d'évaluation et d'amélioration de la performance d'ordre environnementale et technique, ainsi que leurs modes de mesure selon les données disponibles à l'issue de chaque phases du processus.

Le processus de conception est décomposé comme suit :



Chaque phase est décomposée par des étapes dans lesquelles intervient des acteurs et des outils. Donc on cherche un compromis entre ces critères et on adopte des boucles de transition entre phases et entre étapes de la même phase où se prennent les décisions correctives et l'évaluation environnementale de la phase où l'étape précédente pour passer à la suivante.

Exemple



3.1.2- Hypothèse 2 : selon quel concept peut-on arranger les différents critères d'évaluation et quel mode de mesure permet d'évaluer la performance de chacun des critères?

On peut ordonner les critères d'évaluation de la performance par version selon le type de projet et d'opération dans le contexte générale de la préoccupation environnementale des bâtiments : par classes, familles et thématique.

L'évaluation de la performance de chaque critère prend plusieurs modes de mesure qualitative et quantifiable qui sont d'ordre :

- Technique
- Physiques environnementaux
- Qualitative (artistique, perception,...)

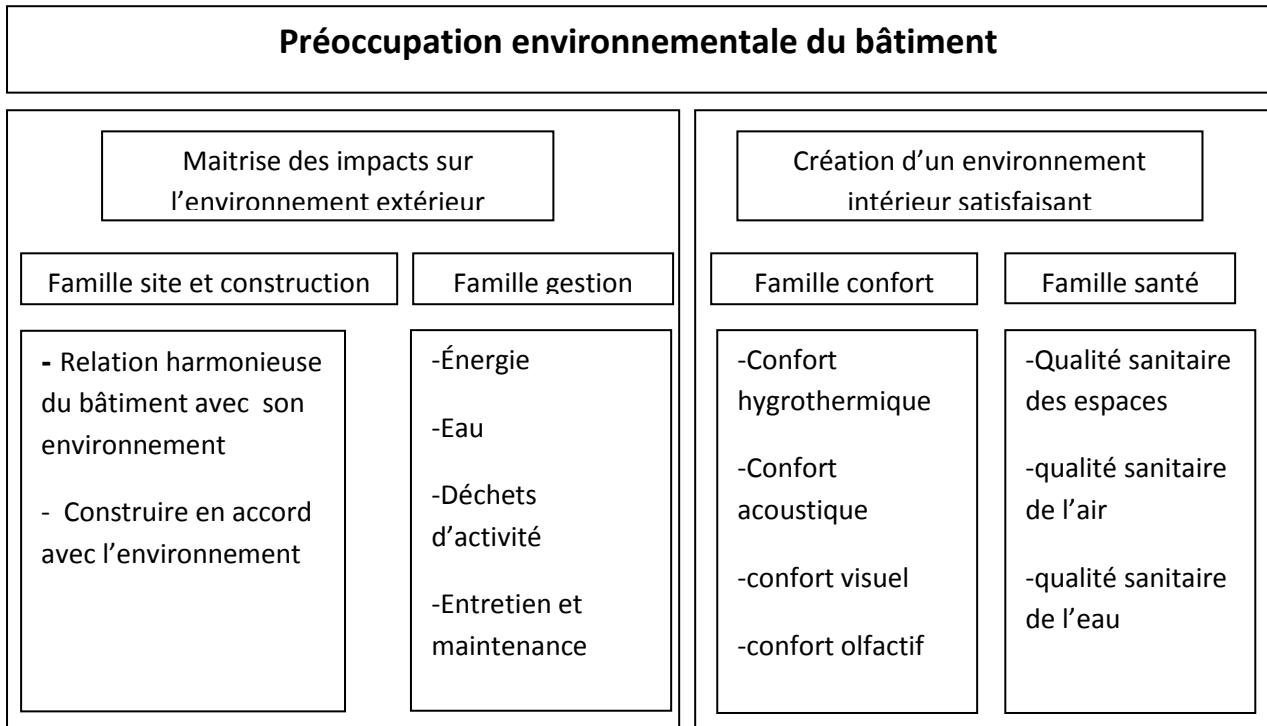
• **Version des critères**

Les versions des critères sont spécifier par :

- Type de projet : habitation, bureautique, industrielle,...
- Type d'opération : constricton neuve, réhabilitation, rénovation,...

• **Classification des critères**

L'arrangement des critères d'évaluation par classes, familles, thématique.



• **Critères et Mode de mesure**

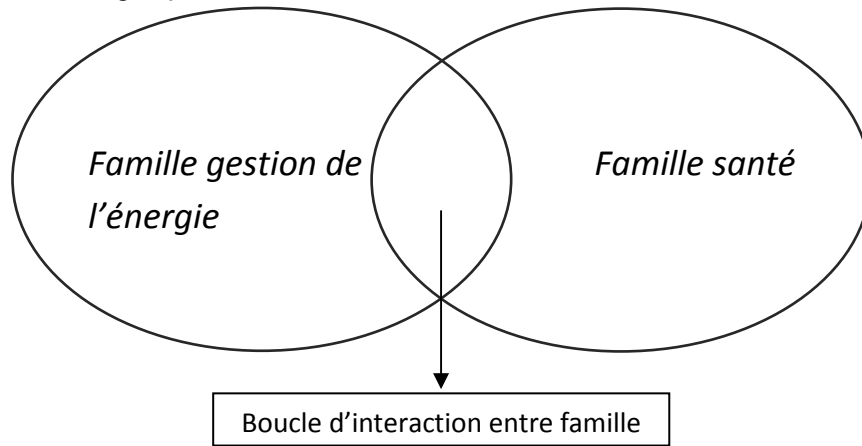
Exemple de choix développé : Thématique : confort visuel (Voir chapitre 4)

3.1.3- Hypothèse 3 : quelle méthode à adopter pour la résolution de contradictions entre critères ?

Procéder à l'identification de la contradiction comme suit : entre classe, entre famille, entre thématique de même famille. Ainsi l'adaptation à une méthode d'analyse multicritères par la création des boucles d'interactions entre critères conflictuelles qui présentent la méthode d'aide à la décision à travers cette analyse, qui est utilisée afin de résoudre le problème du choix le plus scientifique permettant de donner la solution adéquate pour le projet.

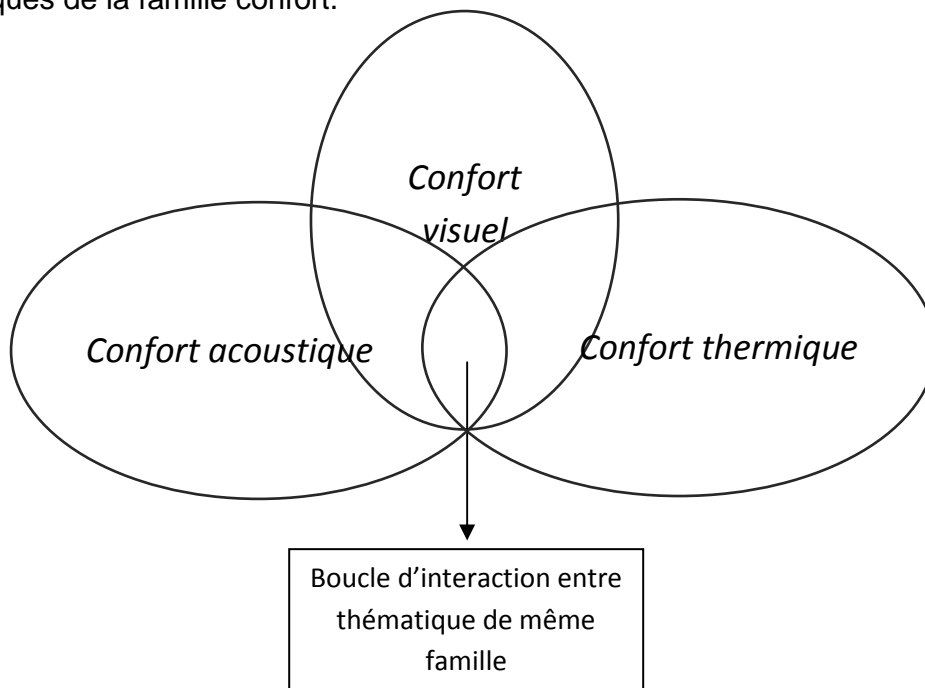
- **Interaction entre famille**

Exemple : la gestion économique de l'énergie peut faire appel à des matériaux présentant un danger pour la santé.



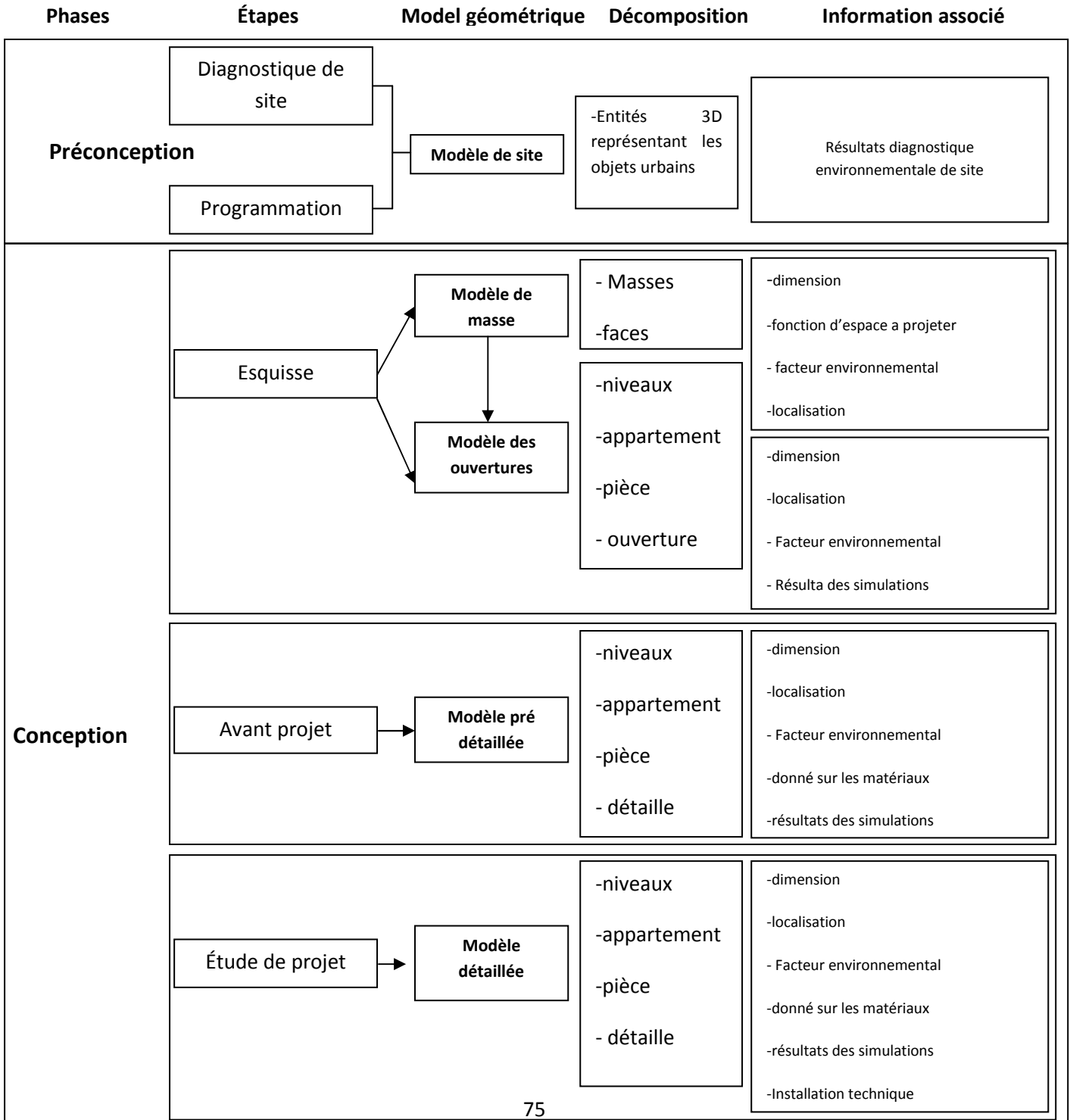
- **interaction entre thématique de même famille**

Exemple : Le choix d'ouverture et de la fenêtre articule les différentes thématiques de la famille confort.



3.1.4- Hypothèse 4 : quel model géométrique peut on adopter à chaque phase et étape du projet, quelle décomposition peut on avoir et quelle information technique, physique environnementale peut on associer ?

Vu l'importance de la troisième dimension dans le projet d'architecture et le diagnostic environnemental du site. Le choix s'oriente vers l'association d'un model géométrique décomposé en entités hiérarchiques selon l'information disponible sur le projet à chaque phase ou étape de la démarche conceptuelle.



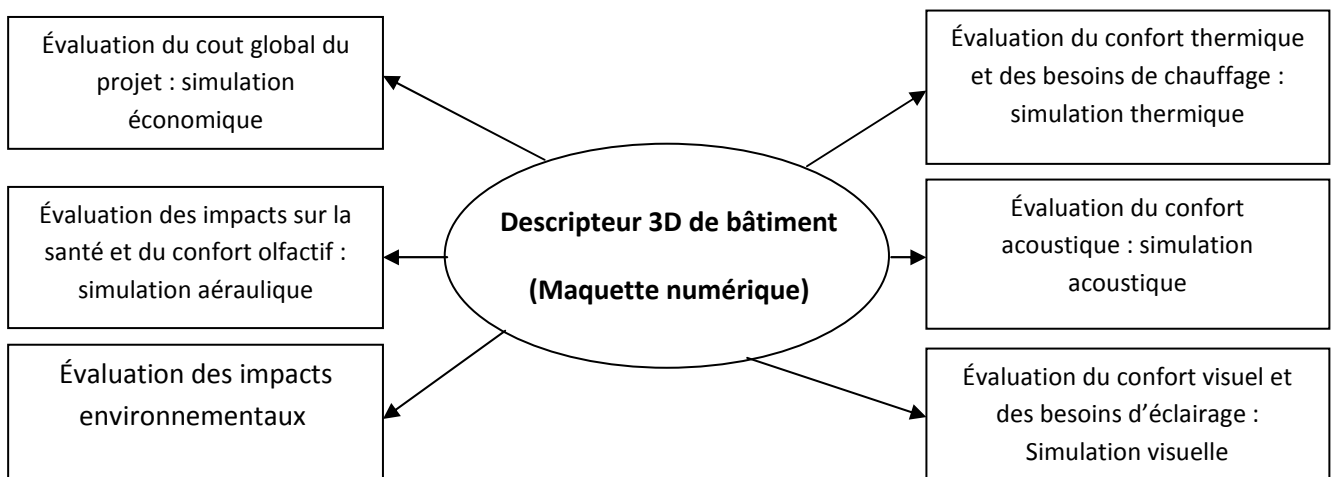
3.2- Mise en place de l'approche

3.2.1- Proposition

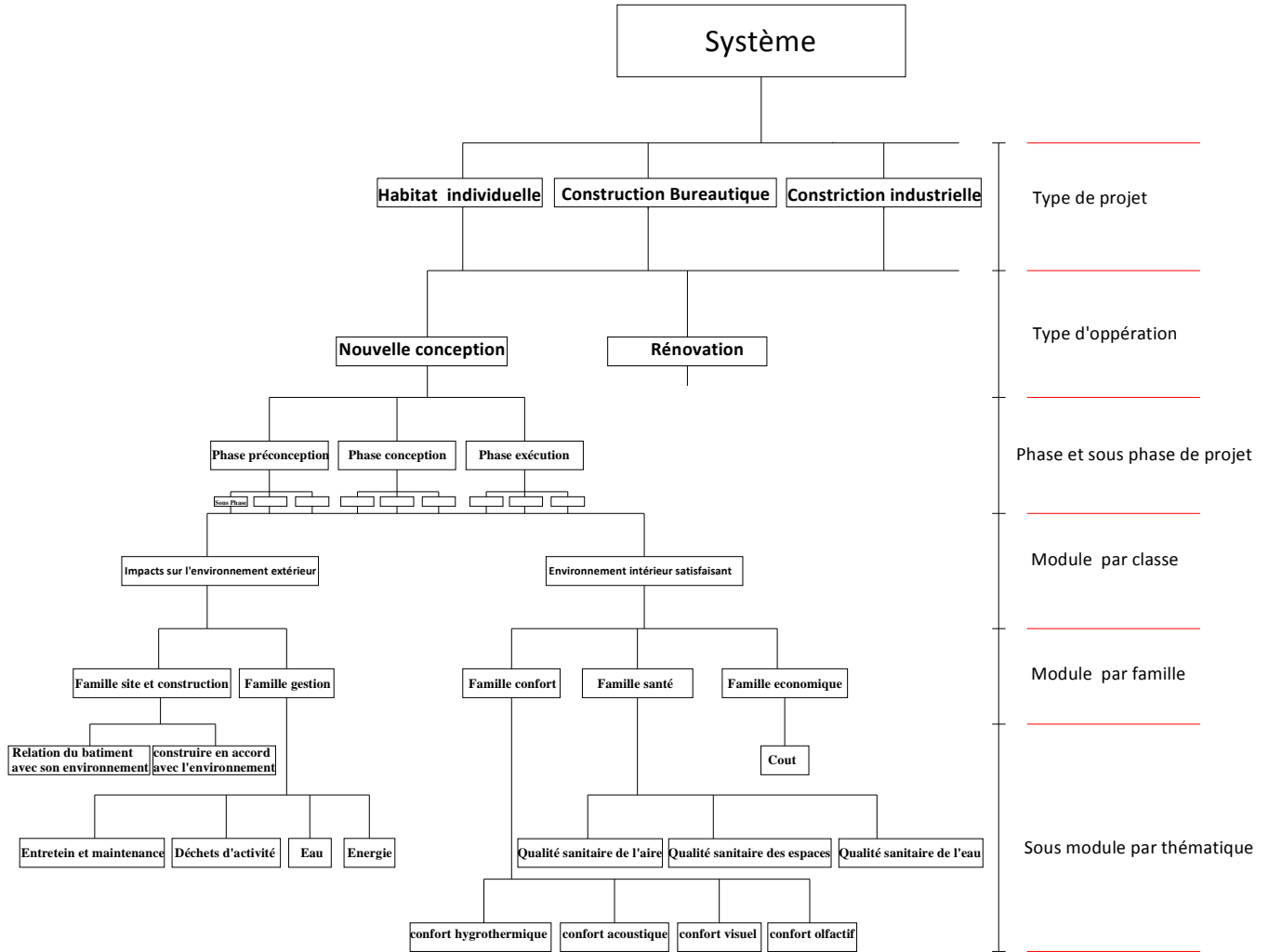
Nous proposons une méthode d'aide à l'éco-conception architecturale. Pour cela nous allons articuler des concepts d'architecture, des critères environnementaux et de la recherche opérationnelle, en obtenant une méthode basée sur l'analyse multicritère à base d'un système d'exploitation d'indicateurs, permet le chinage des résultats de mesures et des simulations numériques qualitatives et quantifiables. L'évaluation est faite dans un descriptif géométrique 3D de bâtiments.

En mettant en œuvre dans le contexte de la pratique du projet, un outil numérique de structure modulaire d'interaction entre le concepteur et le processus d'évaluation des solutions architecturales et techniques adoptées.

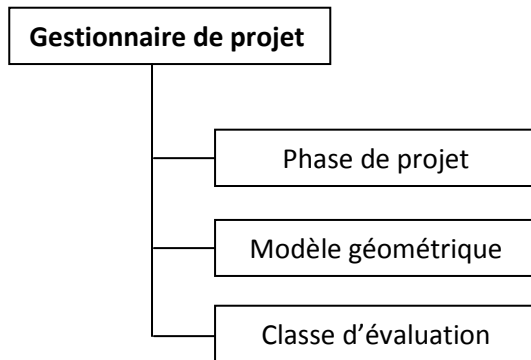
Le schéma d'illustration de la proposition



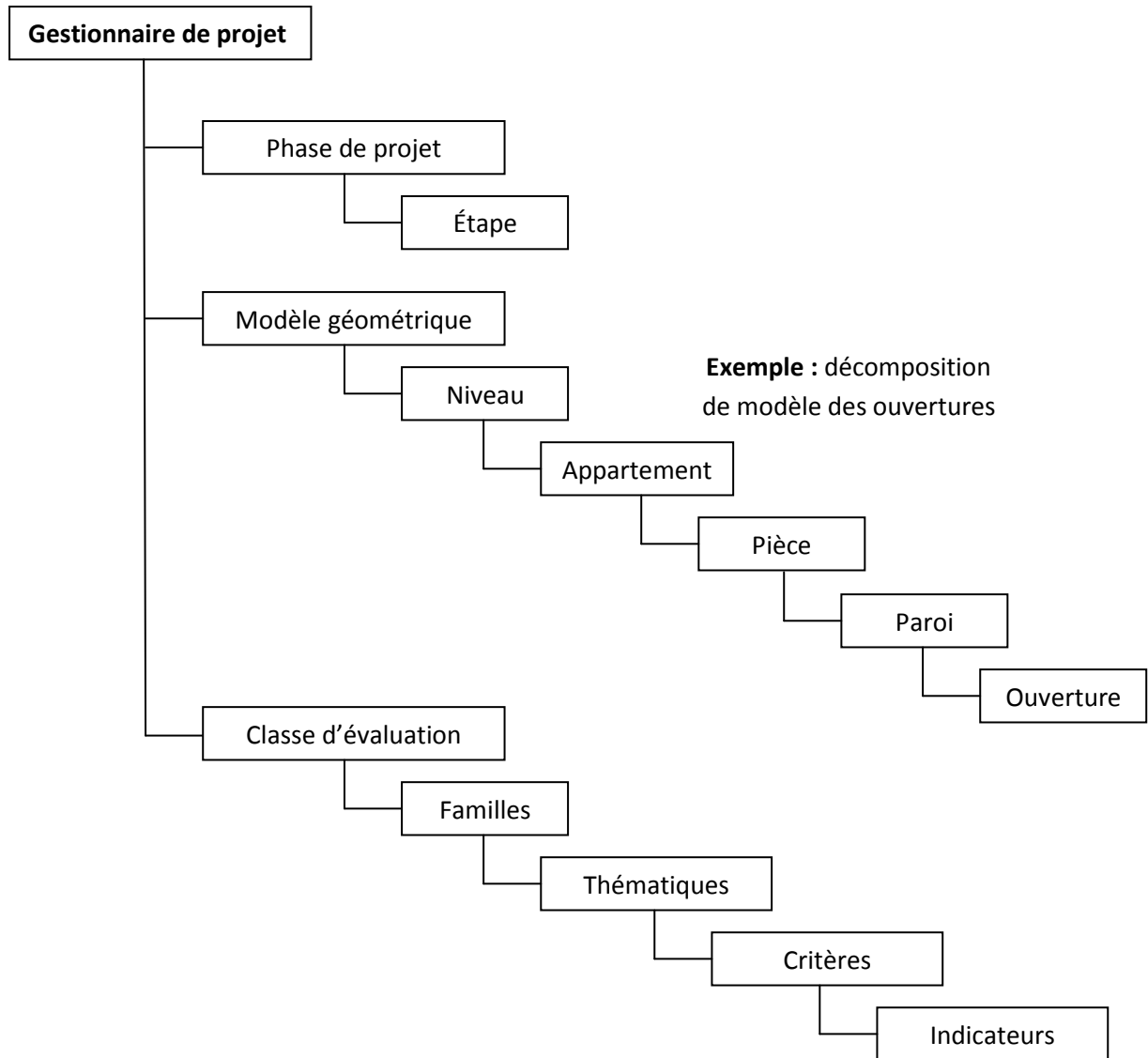
3.2.2- la composition modulaire de l'outil proposé



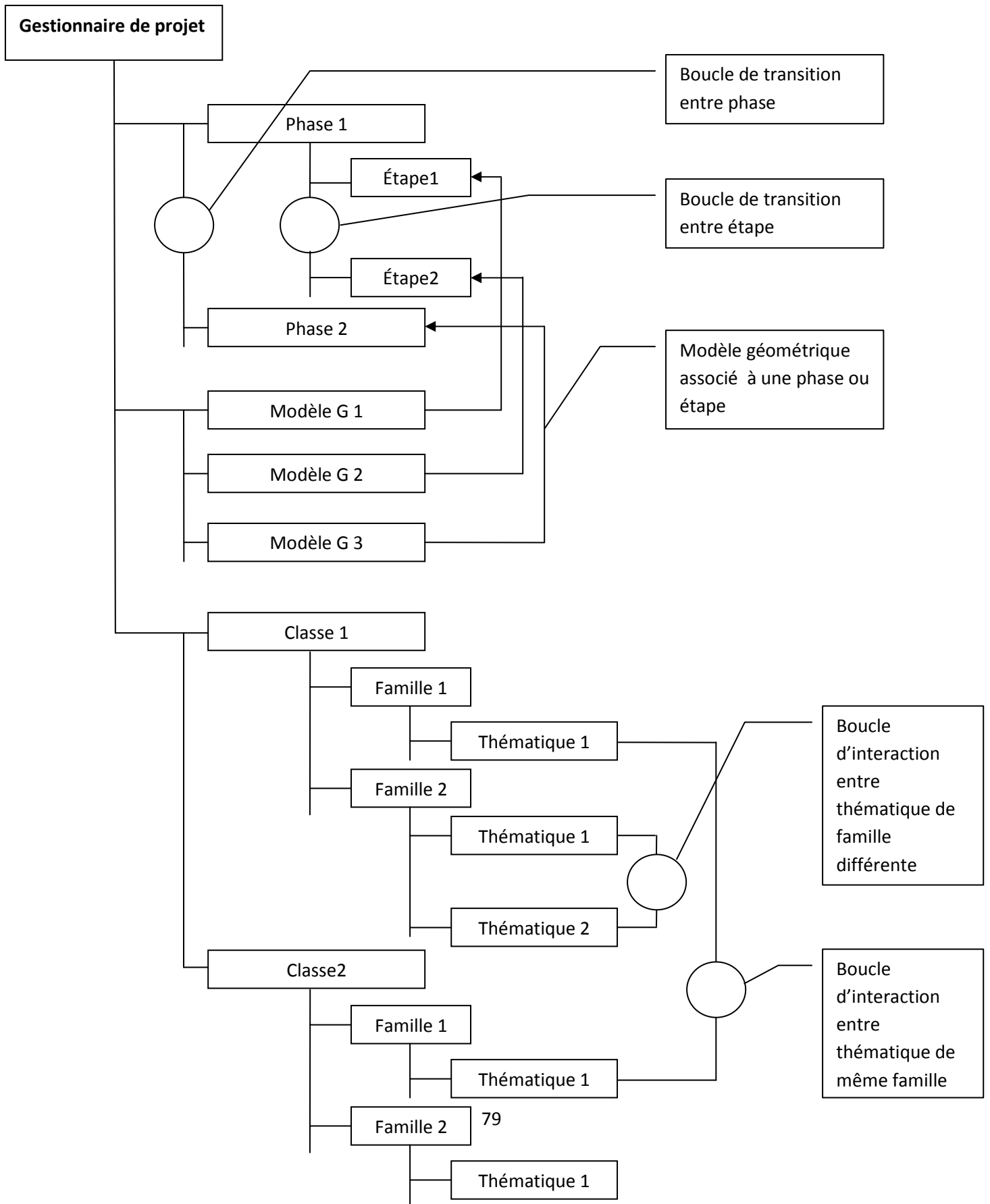
3.2.3- Structure de l'outil



3.2.4- Décomposition de la structure du gestionnaire de projet



3.2.5- Schéma de principe des relations entre les composantes de l'outil



3.2.6- Principe de fonctionnement de l'outil

Une méthodologie des étapes à suivre doit être établie.

On peut alors considérer les étapes suivantes :

- **Étape 1** : insertion du model géométrique correspondant à la phase ou étape étudiée.
- **Étape 2** : Identification des composantes du model géométrique à l'issu de la phase ou étape étudiée selon le degré d'information disponible sur le projet et enregistrement des données dans une base de données.
- **Étape3** :L'association des informations techniques, physiques-environnementales à chaque composante du model géométrique par module d'évaluation selon les données disponibles de la phase ou étape examinée (**information récupérée des différentes mesures et simulations réalisées**).
- **Étape 4** : diagnostic de la phase ou étape par module de thématique d'évaluation ou globale.
 - Analyse des contradictions entre famille et thématique (**boucles d'interactions**).
- **Étape 5** : rapport de transition, d'évaluation de la phase précédente avec les aspects correctives et les améliorations possibles (**boucle de transition**).

3.2.7- Approche par interfaces

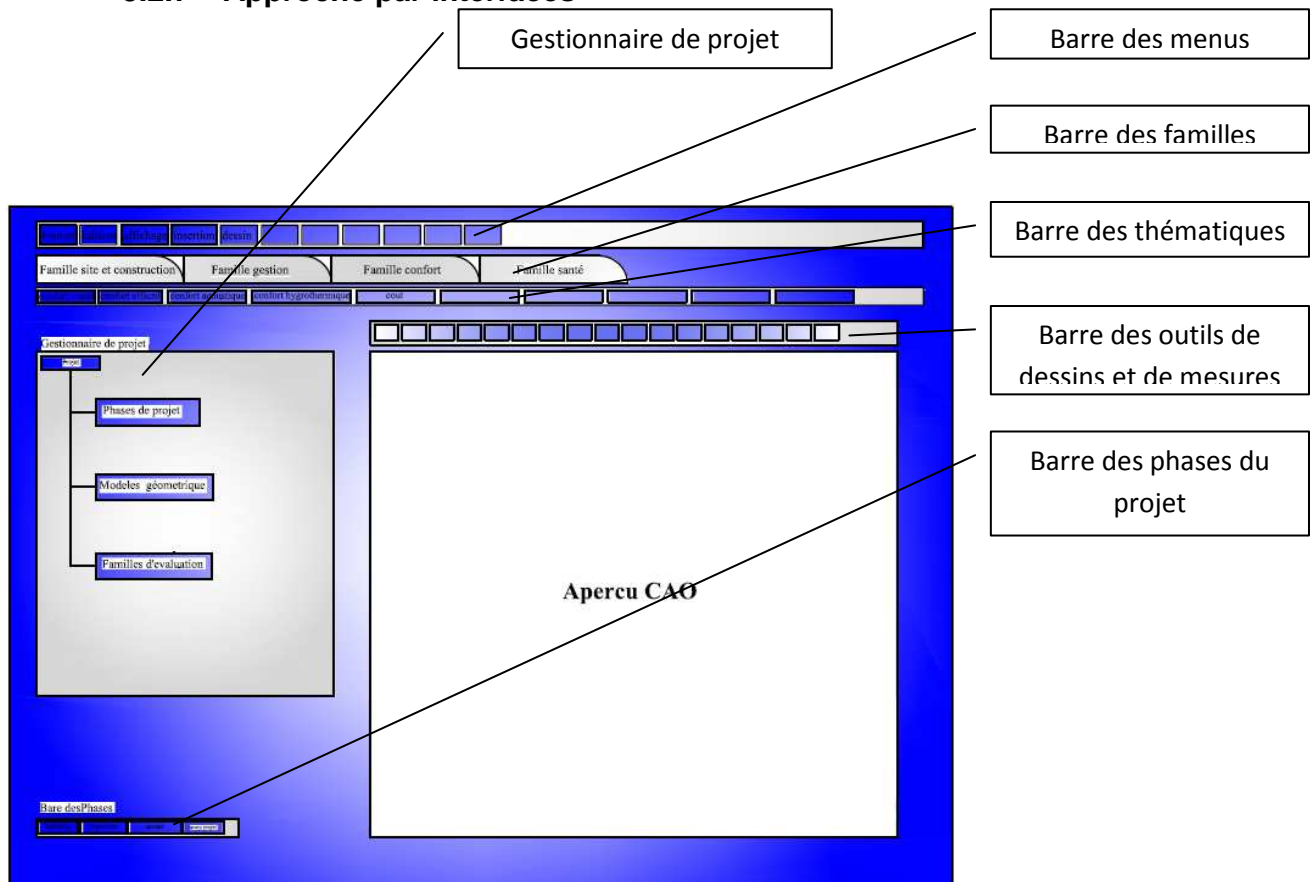


Fig. : Ouverture du système 80

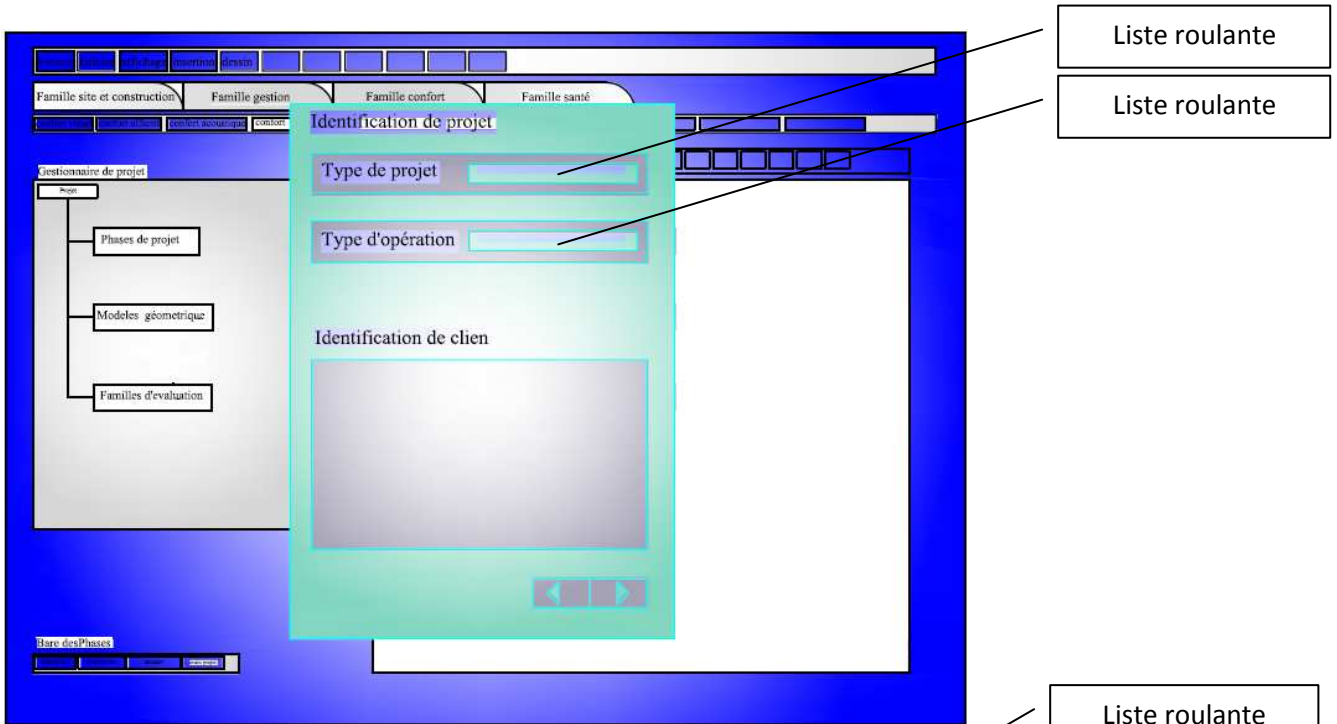


Fig. : Identification de projet et de client

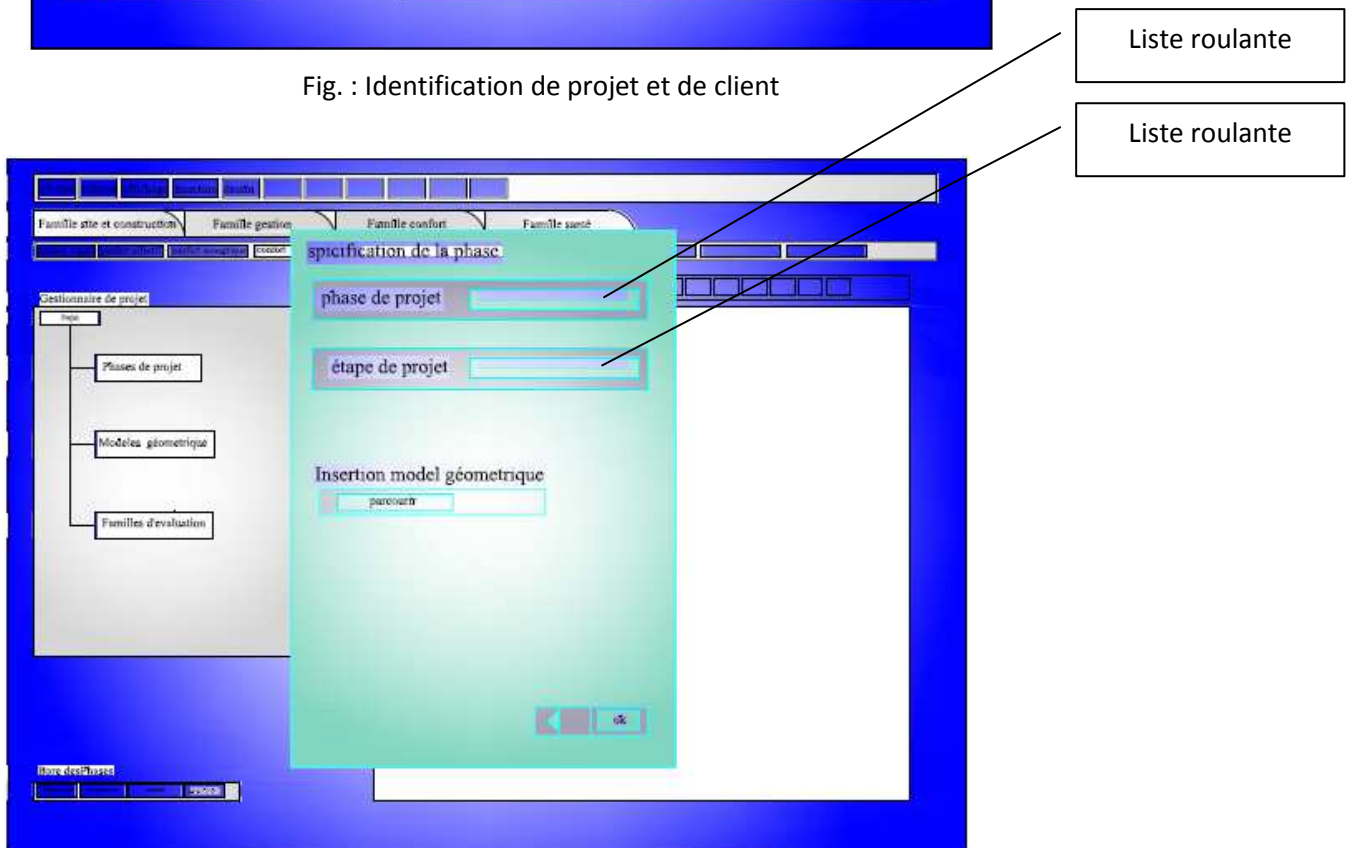


Fig. : Identification de la phase, étape et insertion du model géométrique

Étape 2 : Identification des composantes du model géométrique

- Exemple : model des masses

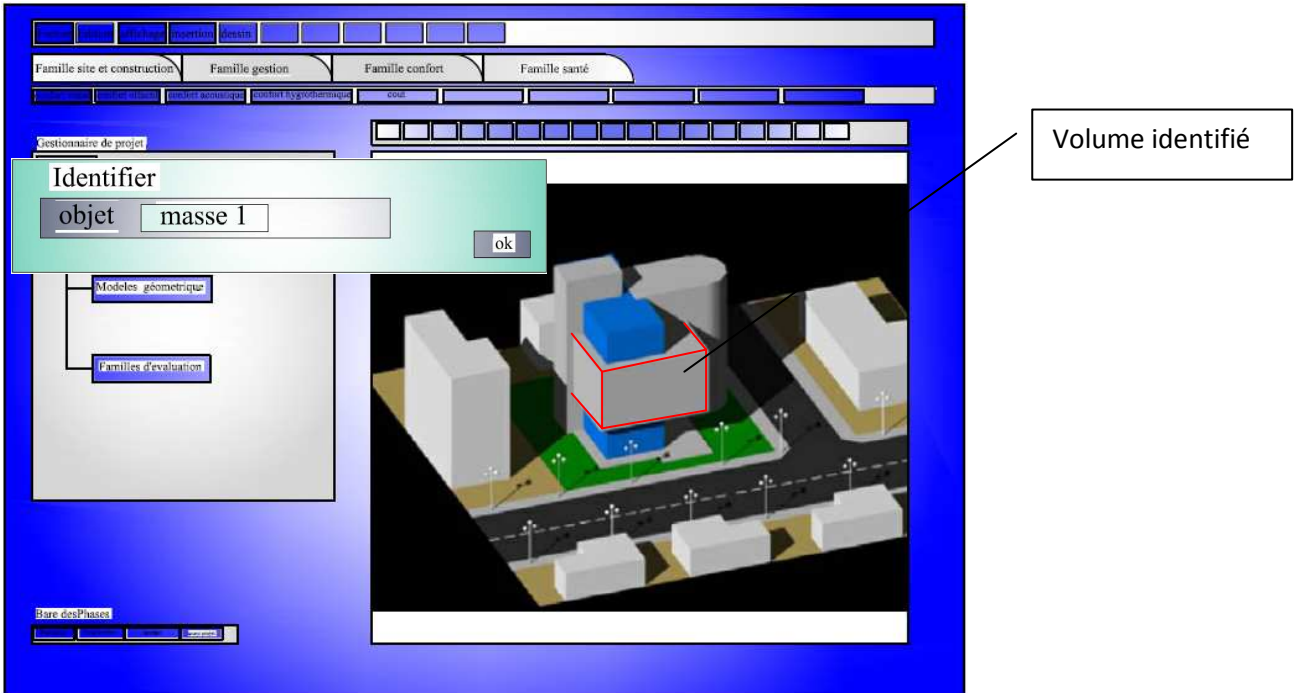


Fig. : Identification des composantes du model de masse

CHAPITRE : 4

VI- Choix à développer (confort visuel)

- **Type de projet:** Bâtiment à usage de bureaux
- **Type d'opération:** Nouvelle construction
- **Phase:** Toutes les phases
- **classe :** environnement intérieur satisfaisant
- **Famille:** Confort

1- Définition

Le confort visuel c'est :

Une relation visuelle satisfaisante avec l'extérieur.

Un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques.

Un éclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.

La qualité lumineuse des espaces provient de l'adéquation entre l'activité définie d'un local, la quantité de la lumière, et la qualité de cette lumière : sa couleur, sa variabilité, les contrastes plus ou moins forts qu'elle crée, etc.

Dans une démarche de construction ou de rénovation à performance environnementale, on privilégie l'utilisation de la lumière naturelle à la place de l'éclairage artificiel. La qualité « spectrale » de la lumière naturelle ainsi que sa variabilité et ses nuances offre une perception optimale des formes et des couleurs. L'éclairage artificiel doit être donc considéré comme un complément de la lumière naturelle.

2- Critères d'évaluation :

1. Accès à la lumière naturelle (directe ou indirecte)
2. Vues sur l'extérieur
3. Facteur d'éclairage naturel
4. Effet d'éblouissement
5. Niveau de la qualité de la lumière
- 6- Niveau de la qualité d'installation d'éclairage artificiel

3- Modes de mesures

2.1- Mesures d'ordre technique

- facteur de transmission des matériaux vitrés
- indice de réflexion des matériaux
- indice d'ouverture
- indice de profondeur
- position des ouvertures
- forme des ouvertures

2.2- Mesures d'ordre physique environnemental

- Facteur de lumière de jour (FLJ)
- Niveau d'éclairement des espaces
- Qualité spectrale de la lumière

4- Aspects environnementaux et économiques

Le coût de l'éclairage artificiel des locaux peut être important surtout si aucune réflexion n'est faite autour de l'éclairage naturel.

Par exemple, un local de bureau de 20m² dans lequel un éclairage artificiel « efficace » est allumé en continu (2000 heures par an) consommera environ 416 kWh/an (126 kg de CO₂ par an). Cette consommation sera doublée pour une installation de « qualité moyenne ». Le coût financier de l'éclairage artificiel dans ce bureau est de l'ordre de 2.3 €/m²an pour une installation efficace. Un éclairage naturel de qualité combiné à une gestion adaptée des installations permettra de réduire considérablement cette consommation électrique.

5- Aspects technique

5.1- la transmission lumineuse

Lorsque la lumière visible du soleil est interceptée par une paroi translucide comme par exemple une feuille de verre, une première partie de la lumière est réfléchiée vers l'extérieur, une seconde partie est absorbée par les matériaux, et une troisième partie est transmise à l'intérieur. La part de lumière transmise est appelée transmission lumineuse de la paroi (TL), exprimée en pourcents ou en nombres décimaux.

Un double vitrage bas émissivité offre une transmission lumineuse d'environ 75%, ou 0,75, tandis qu'un simple vitrage peut avoir une transmission lumineuse de 90%. Les vitrages spéciaux colorés ou avec un effet miroir parfois utilisés pour les bureaux ont une transmission lumineuse qui peut descendre jusqu'à 0,3. De tels vitrages sont choisis pour leur capacité à réduire le passage du rayonnement thermique du soleil, limitant ainsi les surchauffes en été. Il est cependant préférable de choisir des vitrages clairs, pour augmenter la quantité de lumière naturelle, et de les équiper de protections solaires types auvents, brise-soleil, etc.

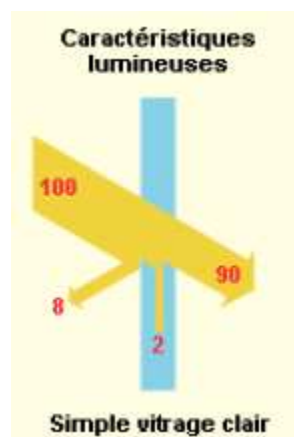


Fig. : schéma de transmission de la lumière naturel par une paroi translucide

5.2- l'évaluation d'une ambiance lumineuse

Lors d'un projet d'architecture, tant en construction qu'en rénovation, si l'on souhaite avoir une idée de l'ambiance lumineuse, il faut soit réaliser une simulation informatique, soit construire une maquette.

- Quantités de lumières nécessaires pour le bon éclairage d'espaces

Les niveaux d'éclairage recommandés selon le RGPT et la norme NBN L 13-006 sont :

	Minimal	Recommandé	Idéal
Bibliothèque	300 lux	500 lux	750 lux
Classe	300 lux	500 lux	750 lux
Cuisine	300 lux	500 lux	750 lux
Salle de réunion	300 lux	500 lux	750 lux
Bureaux (travaux généraux)	300 lux	500 lux	750 lux
Bureau (lecture et écriture continue)	500 lux	750 lux	1000 lux
Parking	50 lux	75 lux	100 lux
Couloir	100 lux	150 lux	200 lux
Réfectoires	150 lux	200 lux	300 lux
Sanitaires	100 lux	150 lux	200 lux

Tableau: Niveaux d'éclairage recommandés selon le RGPT et la norme NBN L 13-006

Les valeurs indicatives des facteurs de lumière du jour sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Le tableau se lit de la façon suivante : le facteur lumière du jour d'un local dans lequel on souhaite un éclairage naturel de 500 lux entre 8h et 16h, pour une période allant de mois d'avril à septembre, doit être au minimum de 6,2. Avec un facteur lumière du jour inférieur, ce niveau d'éclairage ne pourra pas être atteint sur la période indiquée. Ces valeurs sont intéressantes comme guide si, pour un projet, une maquette est étudiée sous un ciel artificiel ou si une simulation de la lumière naturelle est réalisée.

	300 lux de 8h à 16h	300 lux de 9h à 15h	500 lux de 8h à 16h	500 lux de 9h à 15h
Janvier	/	15	/	25
Février/mars	10,7	6	17,8	10
Avril à Septembre	3,7	2,5	6,2	4,2
Octobre	10,7	6	17,8	10
Novembre	21,4	8,8	35,7	14,7
Décembre	/	15	/	25

Tableau: Valeurs minimale du Facteur Lumière du Jour nécessaire (en %) pour assurer un certain niveau d'éclairage naturel pendant une plage horaire déterminée

6- Aspects sociaux et culturels

Différents aspects du confort lumineux

Le confort visuel est un paramètre important de la qualité des ambiances. Si la quantité de lumière entre en jeu, d'autres paramètres interviennent :

- La répartition de la lumière dans l'espace : uniformisation ou division spatiale
- Les rapports de luminance dans le local (risque d'éblouissement)
- L'absence d'ombres gênantes
- La mise en valeur du relief et du modelé des objets
- La vue vers l'extérieur
- Le rendu des couleurs
- La teinte de la lumière

D'autre part, la lumière naturelle est un élément fondamental intervenant dans la composition architecturale. Elle sert à la définition des espaces (séparation intérieur-extérieur, liaison ou séparation de volumes, etc.), des formes, des matériaux et des couleurs. D'autre part, la fenêtre joue un rôle social important de l'extérieur également. La fenêtre en tant que telle permet une communication vers l'extérieur. Placer du vitrage réfléchissant ou occulter les ouvertures via des volets entraîne un sentiment d'insécurité dans la rue et d'appauvrissement de la qualité de vie en ville.

7- L'approche d'optimisation du confort visuel

Pour le constructeur, la plus grande difficulté sera de s'assurer que son projet offre un niveau d'éclairage naturel suffisant pour une période maximale au cours de l'année. Deux notions théoriques définissent scientifiquement la quantité de lumière :

- L'éclairement, qui caractérise la quantité de lumière reçue par une surface. Il se mesure en lux (lx).

- Le facteur lumière du jour, qui est le rapport entre l'éclairement reçu en un point de référence à l'intérieur du local et un point à l'extérieur en un site dégagé. C'est un indicateur dédié spécifiquement à la lumière naturelle. Il s'exprime en %. Dans un bâtiment existant, une simple mesure d'éclairement intérieur et extérieur permet d'évaluer ce facteur. Dans un nouveau projet, son évaluation nécessite la construction d'une maquette ou d'une simulation pour pouvoir être chiffrée.

Des mesures et évaluation de performance doivent être prises aux différentes phases de développement conceptuel du projet en matière de Confort visuel et optimisation de l'éclairage naturel dans une démarche de planification environnementale de projet.

Il est intéressant d'augmenter la surface des fenêtres afin de maximiser la quantité de lumière dans les locaux. Or, des considérations de confort thermique et d'économie d'énergie recommandent de limiter la surface vitrée. Comment identifier le bon compromis ?

Les surfaces d'ouverture recommandées par le RRU (20% de la surface au sol) sont plus importantes que les valeurs maximales conseillées d'un point de vue thermique pour les Orientations Nord, Ouest et Est (entre 10 et 18%). Pour ces orientations, on cherchera donc à suivre exactement les recommandations du RRU, sans augmenter la surface d'ouverture. Par contre, le positionnement et la forme des ouvertures seront choisis de façon à maximiser l'éclairage naturel.

Au Sud par contre, des larges baies vitrées, si elles sont équipées de protections solaires en été, sont favorables tant du point de vue thermique que lumineux.

7.1- Planification d'optimisation de l'éclairage naturel

Des mesures et des précautions doivent être prises aux différentes phases de la conception pour améliorer qualitativement et quantitativement l'optimisation de l'éclairage naturel :

a- Phase Programmation

L'agencement des espaces doit être tel que chaque local bénéficie d'un éclairage naturel, en ce compris les locaux de circulation.

b- Phase Esquisse

Réfléchir, lors de l'esquisse, à l'organisation du plan de façon à profiter au mieux du potentiel lumineux. Par exemple, placer les locaux les plus utilisés en journée dans les parties les plus ensoleillées du bâtiment.

Dessiner des ouvertures de façon à ce que, pour une surface éclairante donnée, le confort lumineux soit optimisé. Sauf application particulière, on cherchera à maximiser la quantité de lumière, à limiter l'éblouissement, et les contrastes trop importants, etc.

Méthodologie

Procéder éventuellement à la réalisation d'une maquette, pour identifier la qualité d'éclairage et les zones d'ombrage ou à des simulations numériques.

Dimension des ouvertures

Sans tenir compte de l'ensoleillement direct, et donc indépendamment de l'orientation, on considère qu'une pièce est correctement éclairée jusqu'à une profondeur de 2 à 2.5 fois la hauteur du linteau. D'autre part, le RRU impose une surface éclairante équivalente à 1/5 de la surface planché.

Position des ouvertures

Plus une ouverture est haute, mieux le fond du local est éclairé naturellement. Une zone d'ombre est néanmoins créée le long de l'allège. La combinaison d'un « clerestory » (fenêtre dont le seuil est au-dessus du niveau de l'œil) et d'une fenêtre « classique » permet un éclairage optimal.

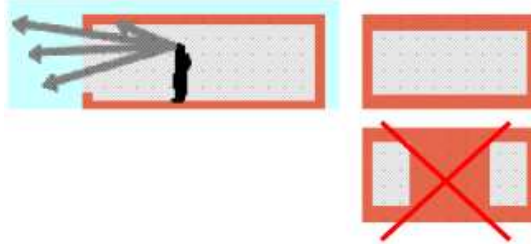
Les surfaces vitrées en allège ne contribuent quasiment pas à l'éclairage du local, elles sont inutiles du point de vue de la lumière. En outre, elles constituent une source de déperdition théorique non négligeable.

Forme des ouvertures

La forme de l'ouverture permet d'augmenter le confort visuel en limitant le risque d'éblouissement et les zones d'ombres.

Voici différents exemples de critères à prendre en compte :

- Prévoir une grande fenêtre à la place de plusieurs petites fenêtres.



- Diminuer les contrastes fenêtré - menuiserie en augmentant le coefficient de réflexion de la menuiserie. Par exemple, on choisira un bois clair ou peint de couleur claire.



- Voiler le ciel par l'utilisation d'une protection solaire



- Diminuer le contraste mur - fenêtré en éclairant le mur intégrant la fenêtré



- Diminuer le contraste mur - fenêtré en augmentant la part indirecte de l'éclairage naturel (parois du local très claires)



- Voiler en partie le ciel en assombrissant la fenêtré par un élément déflecteur



- Voiler en partie le ciel en disposant à l'extérieur des éléments moins lumineux que le ciel (Atrium, cour intérieure)



c- Phase Avant projet et étude de projet

Matériau de transmission

On choisira des vitrages dont la transmission lumineuse est maximale. Le tableau ci-dessous donne des valeurs indicatives :

	Transmission lumineuse [%]
Simple vitrage clair	90
Double vitrage clair	81
Double vitrage clair basse émissivité	78
Double vitrage clair absorbant	36 à 65
Double vitrage clair réfléchissant	7 à 66
Triple vitrage clair	74

Tableau: Valeur indicatives de transmission lumineuse

Matériau de revêtement

Des revêtements muraux et de plafond de teinte claire rendent la pièce plus lumineuse. Les facteurs de réflexion conseillés sont les suivants :

	Facteur de réflexion conseillé
Plafond	0,7 à 0,85
Mur proche des sources lumineuses	0,5 à 0,7
Autre mur	0,4 à 0,5
Sol	0,1 à 0,3
Surface supérieure des tables de travail	0,4 à 0,5
Meubles	0,3 à 0,5

Tableau: Valeur de facteur de réflexion conseillé

Les valeurs des facteurs de réflexion pour quelques matériaux sont reprises dans le tableau ci-dessous, en fonction de leur couleur. Il existe des algorithmes de calcul donnant une valeur de réflexion en fonction de la couleur uniquement.

	Couleur	Facteur de réflexion
Table	Beige clair	0,76
Tapis	Vert-gris	0,13
Mur	Beige clair	0,68
Porte d'armoire	Blanc	0,68
Allège	Blanc	0,68
Tissus de fauteuils	Vert	0,12
Faux-plafond perforé	Beige	0,6

Tableau: Valeur de facteur de réflexion par couleur

7.2- Contrainte d'optimisation de l'éclairage naturel

- Respecter le règlement régional d'urbanisme concernant les surfaces vitrées à prévoir.
- Les contraintes de site :
 - L'ensoleillement
 - Les masques et reliefs
 - La nature des surfaces

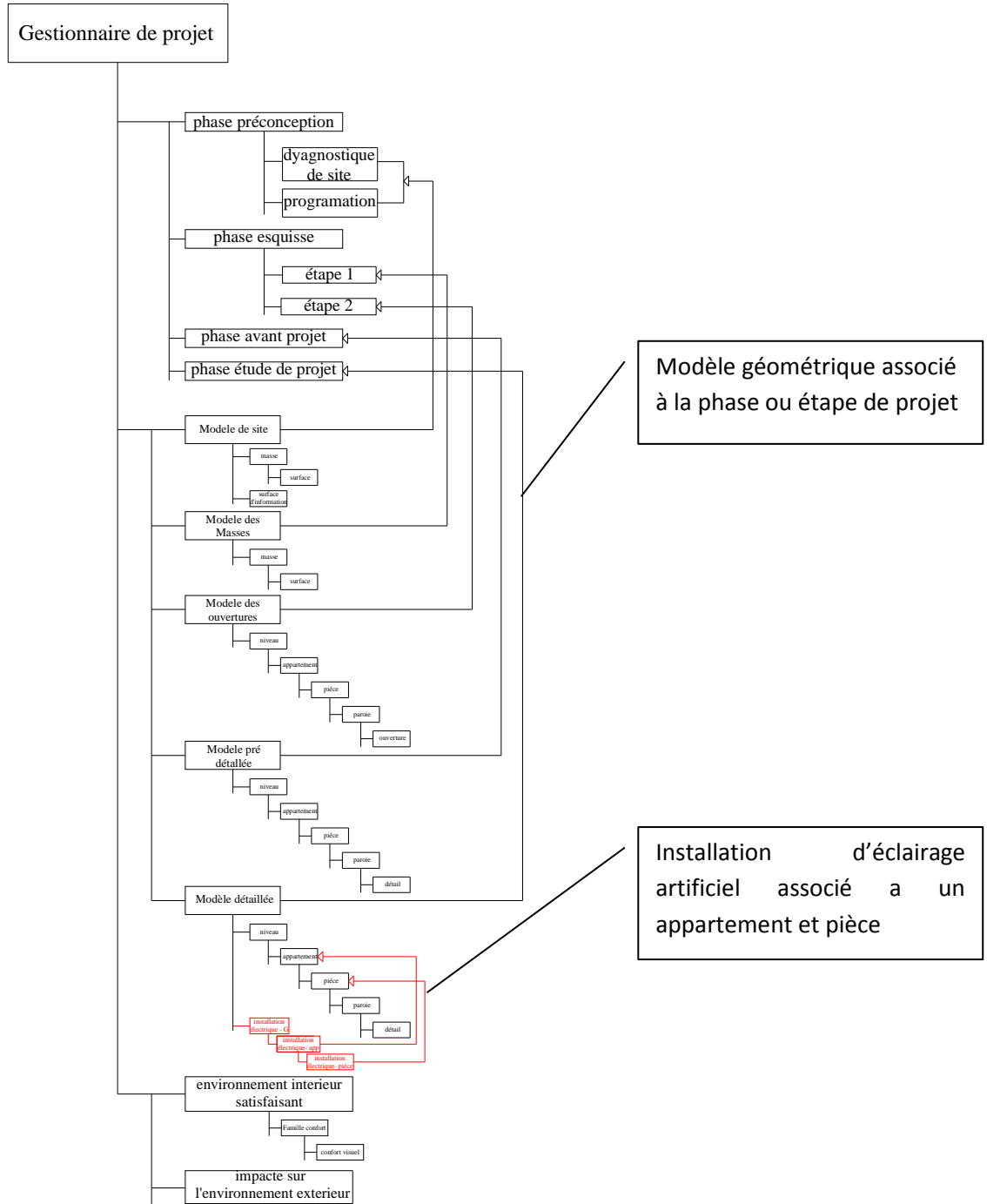
8- Informations techniques, physique-environnementales associées par modèle géométrique (Hypothèse 4)

Phases	Étapes	Model géométrique	Décomposition	Information associé
Préconception	<p>Diagnostic de site</p> <p>Programmation</p>	<p>Modèle de site</p>	<p>-Masse et surfaces d'information</p>	<p>-masque de lumière</p> <p>-zone d'ombre</p> <p>-zone ensoleillée</p> <p>-surface de réflexion</p>
Conception	<p>Esquisse</p>	<p>Modèle de masse</p> <p>Modèle des ouvertures</p>	<p>- Masses</p> <p>-faces</p> <p>-niveaux</p> <p>-appartement</p> <p>-pièce</p> <p>- ouverture</p>	<p>-surface ensoleillé</p> <p>-surface ombré</p> <p>-durée d'ensoleillement</p> <p>- ouverture risque d'éblouissement</p> <p>-indice d'ouverture</p> <p>-indice de profondeur</p>
	<p>Avant projet</p>	<p>Modèle pré détaillée</p>	<p>-niveaux</p> <p>-appartement</p> <p>-pièce</p> <p>- détaille</p>	<p>-Niveaux de luminance</p> <p>-facteur de transmission</p> <p>-indice de réflexion</p> <p>-F L J</p>
	<p>Étude de projet</p>	<p>Modèle détaillée</p>	<p>-niveaux</p> <p>-appartement</p> <p>-pièce</p> <p>- détaille</p> <p>- installation d'éclairage Artificiel</p>	<p>-Niveaux de luminance</p> <p>-facteur de transmission</p> <p>-indice de réflexion</p> <p>-F L J</p> <p>- performance de l'éclairage artificiel</p>

9- Indicateurs d'évaluations à l'issu de chaque phase ou étape

Phases	Étapes	Model géométrique	Indicateurs
Préconception	Diagnostique de site	Modèle de site	- durée d'ensoleillement par jour selon période de l'année
	Programmation		-Degrée de mise en compte de l'éclairage naturel au niveau de programme :-bon ; - certain ; - pas de tous
Conception	Esquisse	<p>Modèle de masse</p> <p>↓</p> <p>Modèle des ouvertures</p>	-solution volumétrique : -bonne :- certain : -mauvaise -Indice d'ouverture : 20% Surface au sol -Indice de profondeur : 2 à 2.5 *H du linteau -position ouverture : -bonne ; - certain ; -
	Avant projet	Modèle pré détaillée	-Niveaux d'éclairage recommandés par usage d'espace en Lux -Indice de transmission de vitre % -Indice de réflexion des proies -F L J nécessaire pour le bon éclairement en %
	Étude de projet	Modèle détaillée	-Niveaux d'éclairage recommandés par usage d'espace en Lux -Indice de transmission de vitre % -Indice de réflexion des proies -F L J nécessaire pour le bon éclairement en % -Indice de réflexion des couleurs -qualité de la consommation énergétique de l'installation d'éclairage artificiel :

10-Schéma de principe des relations entre composantes du module confort visuel



11- Approche par interfaces

Une méthodologie des étapes à suivre doit être établie analyse des données et association des informations au model par phase et étape

9.1- Phase préconception

- modèle géométrique de site
- Entrée : Image 3Ddes différentes simulations

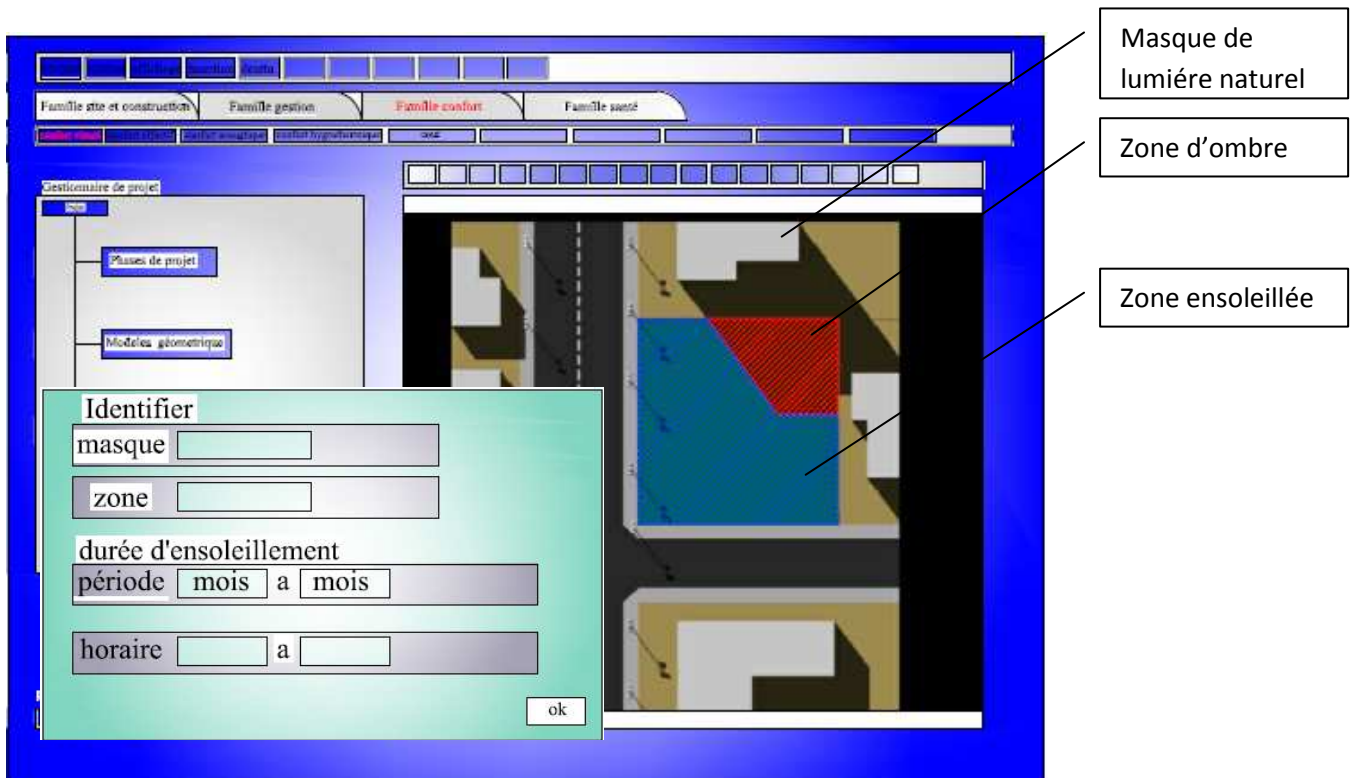


Fig. : Identification des masque de lumière naturelle des zones d'ombres et ensoleillé

Sortie :

Graphe représentant les zones d'ombre et ensoleillé des différents moments de la journée par superposition des différents simulations.

9.2- Phase esquisse

- **Étape 1 : modèle géométrique de masse**

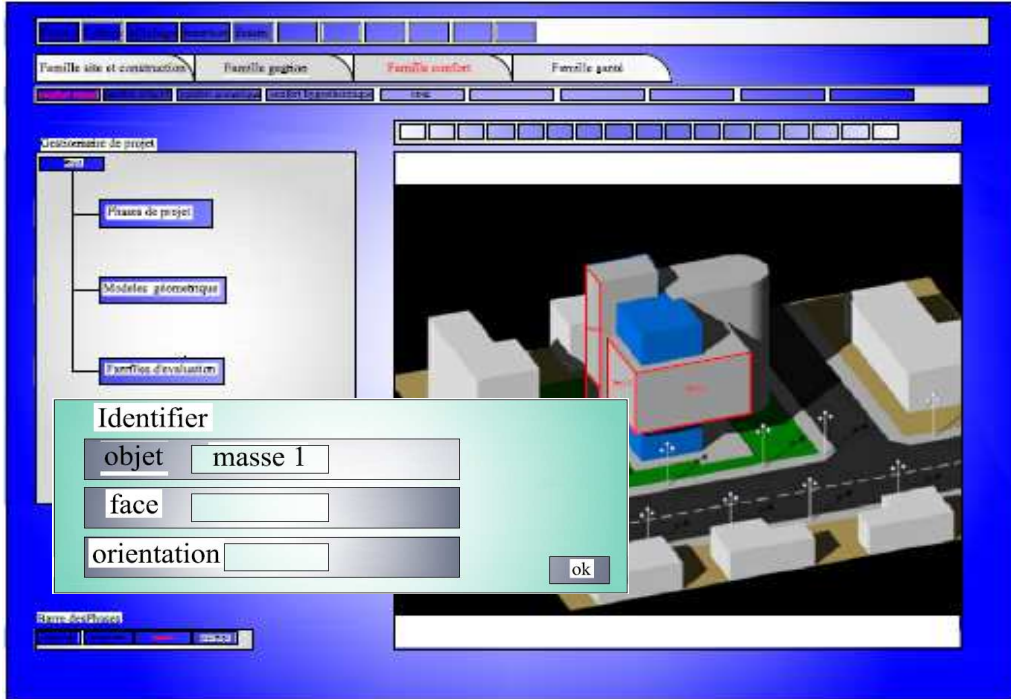


Fig. : Identification des faces ensoleillées et ombrées

- **Étape 2 : modèle géométrique des ouvertures**

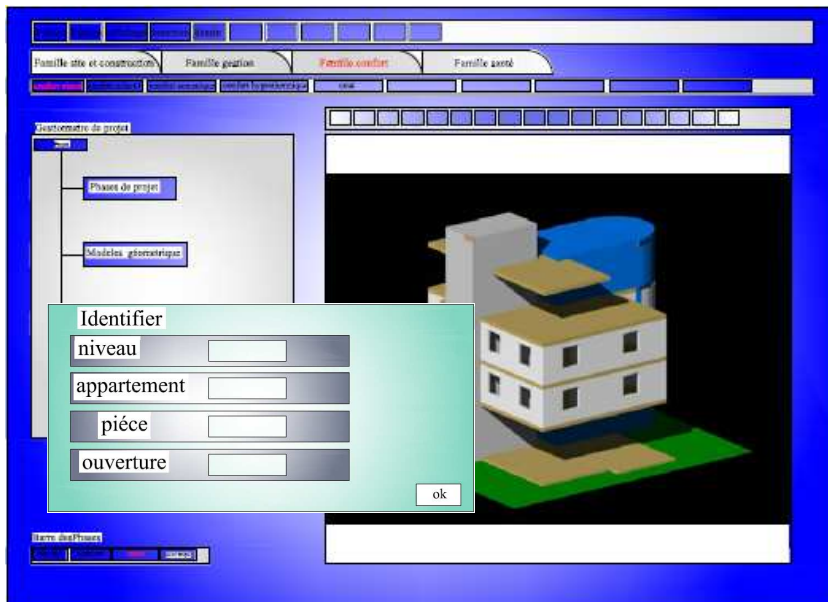


Fig. : Identification par niveau, appartement, pièce et ouverture

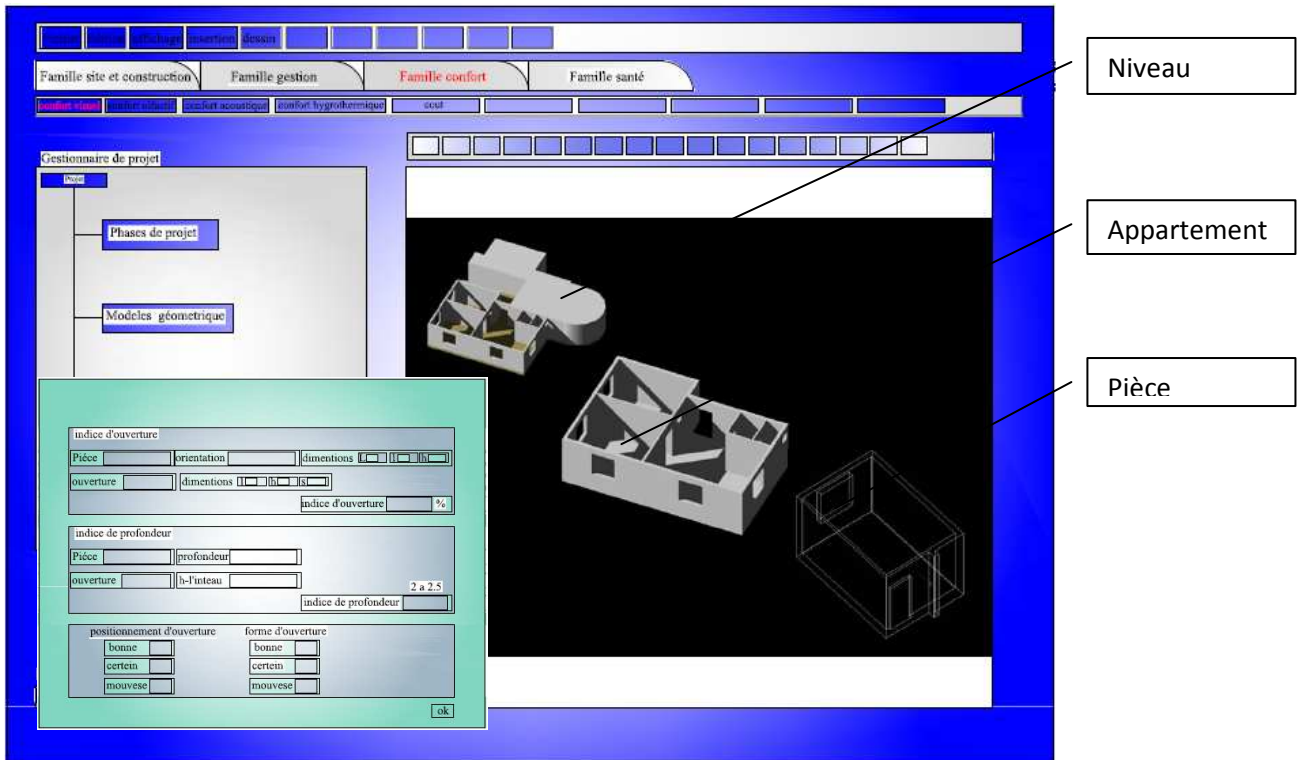


Fig. : association des informations

- Feuille d'entrée des informations à associer

indice d'ouverture	
Pièce <input type="text"/>	orientation <input type="text"/> dimensions <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
ouverture <input type="text"/>	dimensions <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
indice d'ouverture <input type="text"/> %	
indice de profondeur	
Pièce <input type="text"/>	profondeur <input type="text"/>
ouverture <input type="text"/>	h-l'inteau <input type="text"/> 2 a 2.5
indice de profondeur <input type="text"/>	
positionnement d'ouverture	forme d'ouverture
bonne <input type="checkbox"/>	bonne <input type="checkbox"/>
certein <input type="checkbox"/>	certein <input type="checkbox"/>
mouvese <input type="checkbox"/>	mouvese <input type="checkbox"/>
<input type="button" value="ok"/>	

- **Feuille de sortie d'évaluation**



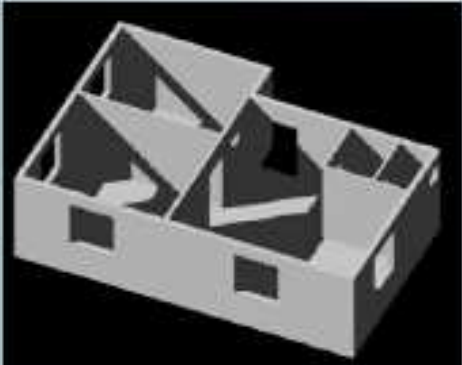
Phase : esquisse

Modèle géométrique : modèle des ouvertures

Fiche confort visuel

Identification de l'appartement

Appartement: B5
Niveau: 3



Gestion de l'éclairage naturel


Pièce 1

orientation: direction:

Indice d'ouverture: 0% 20% 100%

Indice de profondeur: 1, 2, 3, 4, 5

Recommandé:



ouverture 1

direction: orientation:

partitions des ouvertures

lunets	<input checked="" type="checkbox"/>	type d'ouverture	<input type="checkbox"/>
volets	<input type="checkbox"/>	volets	<input checked="" type="checkbox"/>
persiennes	<input type="checkbox"/>	persiennes	<input type="checkbox"/>

Pièce 2

Remarques et recommandations

Fig. : résultat d'évaluation, phase esquisse, model des ouvertures

9.3- Phase avant projet

Modèle géométrique : Modèle pré détaillé

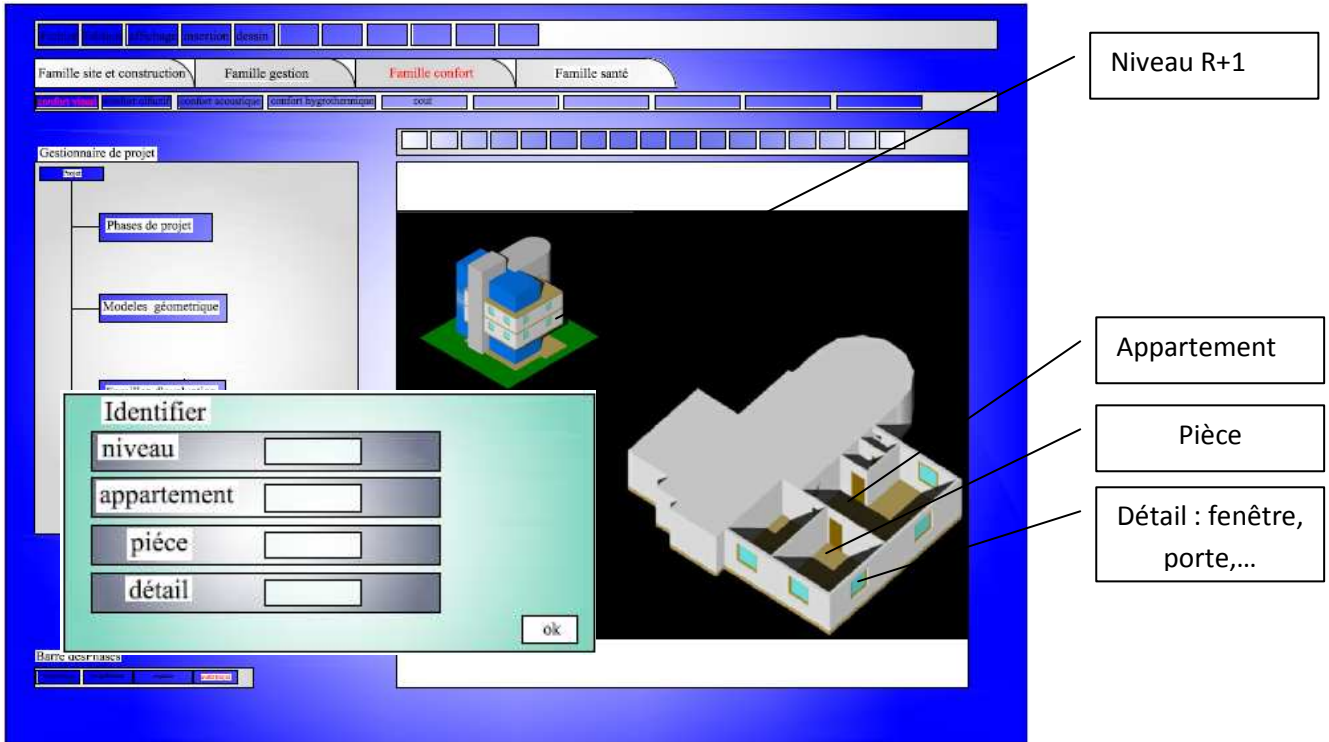
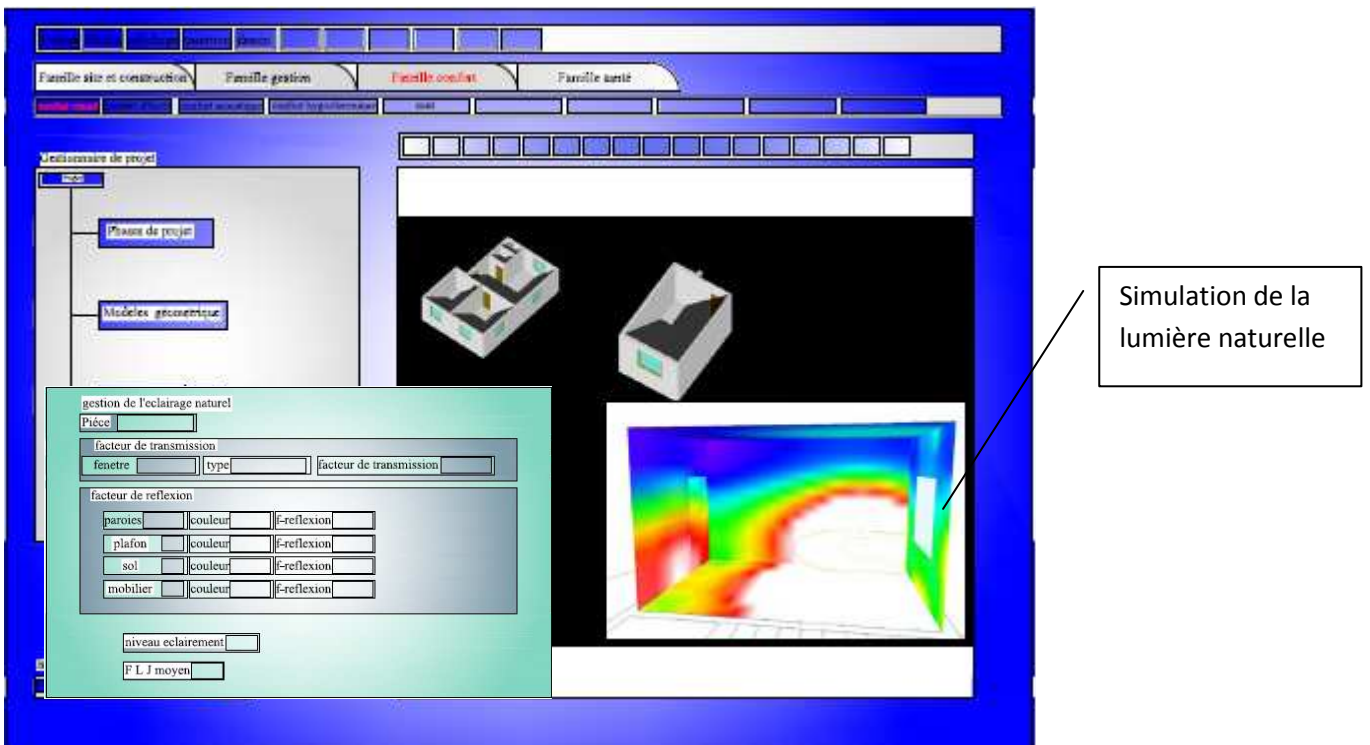


Fig. : Identification par niveau, appartement, pièce et détail



- Feuille d'entrée des informations associées

gestion de l'éclairage naturel

Pièce

facteur de transmission

fenetre type facteur de transmission

facteur de reflexion

parois	<input type="text"/>	couleur	<input type="text"/>	f-reflexion	<input type="text"/>
plafon	<input type="text"/>	couleur	<input type="text"/>	f-reflexion	<input type="text"/>
sol	<input type="text"/>	couleur	<input type="text"/>	f-reflexion	<input type="text"/>
meublier	<input type="text"/>	couleur	<input type="text"/>	f-reflexion	<input type="text"/>

niveau eclairement

F L J moyen


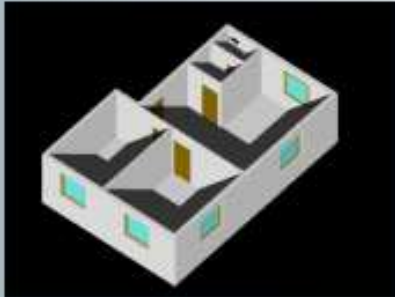
Fig. : feuille d'entrée des informations associées

• Feuille de sortie d'évaluation

Fiche confort visuel

Identification de l'appartement

Appartement: B5
Niveau: 3



Gestion de l'éclairage naturel

Pièce 1

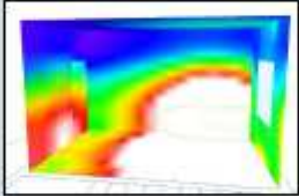
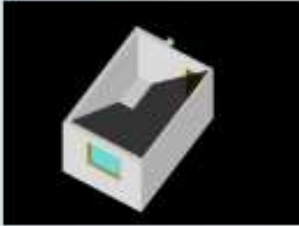
periode : avril à septembre entre 8h et 16h

Niveaux d'éclairage

300 lx	500 lx	750 lx
Mini	Recommandé	Idéal

Facteur lumière de jour (F L J)

0 %	6,2 %	100 %
	Mini	



Indice d'ouverture: 0 % 20 % 100 %

Indice de profondeur: 1, 2, 3, 4, 5

matériau de transmission

Fenetre 1

type:

Facteur de transmission de vitre :

matériau de revêtement

Facteur de reflexion :

plafond : (couleur 0,7 & 0,8)

paroi1 : paroi2 : paroi3 : (couleur 0,7 & 0,7)

sol : (couleur 0,3 & 0,3)

Pièce 1

Remarques et recommandations

9.4- Phase étude de projet (Feuille de sortie d'évaluation)

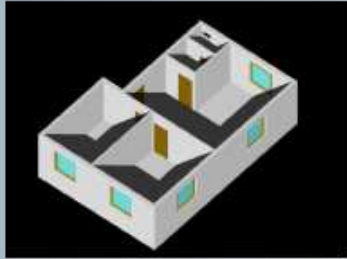

Modèle géométrique : modèle détaillé

Amélioration d'avant projet et ajout d'éclairage artificiel

Fiche confort visuel

Identification de l'appartement

Appartement: B5
Niveau: 3

Gestion de l'éclairage naturel

Pièce 1

periode : avril à septembre entre 8h et 16h

Niveaux d'éclairément

300 lx 500 lx 750 lx

Mini Recommandé Idéal

Facteur lumière de jour (F.L.J)

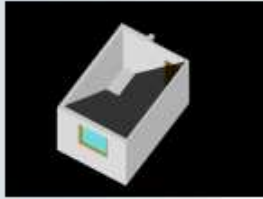
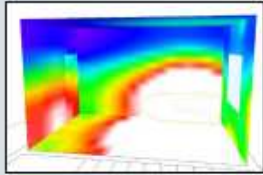
0 % 6,2 % 100 %

Mini

Indice d'ouverture: 0 % 20 % 100 %

Indice de profondeur: 1 2 3 4 5

Recommandé

matériau de transmission

Fenetre 1

type:.....

Facteur de transmission de vitre :

matériau de revêtement

Facteur de reflexion :

plafond : corail 0.7 à 0.9

paroi1 : paroi2 : paroi3 : corail 0.5 à 0.7

sol : corail 0.1 à 0.3

Gestion de l'éclairage artificiel

choix d'ampoules économique normal

temporisation

détection de présence

interruption horaire

interruption crépusculaire

gradation de lumière

commande pour l'allumage manuel normal

Fig. : résultat évaluation, phase étude de projet, modèle détaillé

Conclusion générale et perspective

Ce travail vise à développer une méthode d'aide à l'éco-conception architecturale qui intègre la réflexion sur la performance environnementale du projet dès ses phases amonts de la conception. Pour cela, nous avons articulé l'information disponible à l'issue de chaque phase ou étape du projet associée au modèle géométrique 3D descriptif du bâtiment avec un système d'exploitation d'indicateurs techniques, physique-environnementaux ordonnés selon le degré d'information disponible à l'issue de chaque phase ou étape du processus de la conception et de la recherche opérationnelle, pour ainsi résoudre notre conflit et obtenir une méthode basée sur l'auto analyse et l'amélioration continue de la performance environnementale du projet.

Le diagnostic du site a révélé la prise en compte de la troisième dimension dans le processus d'éco-conception du projet, d'où la variation du niveau de mesure des paramètres environnementaux, prise en compte dans la conception selon la hauteur et la localisation sur le plan 2D qui influencent le comportement environnemental des différents niveaux et les entités spatiales du même immeuble.

C'est qui nous a guidé au choix des modèles géométriques fractionnés en premier temps selon le degré d'information disponible à l'issue de chaque phase de la conception et ensuite par niveau et entité spatiale ainsi que la prise en compte des détails et des produits dans l'amélioration de la performance environnementale des bâtiments. Ce choix satisfait aux normes qualitatives et à notre problématique ainsi que la possibilité de quantification des produits et matériaux utilisés dans le modèle géométrique 3D.

Une application de la méthode a été réalisée par un choix développé de la thématique du confort visuel et l'optimisation de l'éclairage naturel qui a été choisie comme exemple d'explication, en effet on veut montrer notre réflexion sur la méthode d'aide à l'éco conception.

Finalement, une approche par interfaces du choix de thématique du confort visuel et de l'optimisation de l'éclairage naturel est réalisée dans la démarche de la réflexion sur la méthode d'aide à l'éco-conception. Cette approche met en œuvre dans le contexte de la pratique du projet, un outil d'interaction entre le concepteur d'une part et le processus d'évaluation et de mesure de l'autre part pour l'amélioration de la performance du projet et la prise de la décision.

Comme perspectives de cette réflexion, on laisse la finalisation de ses différentes thématiques de préoccupation environnementale des bâtiments ainsi que ces améliorations pour les travaux futurs, de même pour ce qui est de la méthodologie réconciliatrice des critères environnementaux opposés.

BIBLIOGRAPHIE

Livres

- **[PEUPORTIER, 2006]** Bruno PEUPORTIER. « Eco-conception des bâtiments (Bâtir en préservant l'environnement) », École des mines de paris(les presses, 2006.
- **[FAREL al.]** Alain FAREL, Daniel FAURE, Thomas JUSSELME et Etienne FRADIN. « Bâtir éthique et responsable », Éditions le moniteur.

Exposers

- **[FRENETTE]** Marika Frenette. « L'acte de bâtir en pleine mutation », Colloque « Eco'design et Architecture », ENSA de Nancy, Mars 2007.

Dossiers

- **[MUSY]** Marjorie MUSY. « Un SIG 3D urbain environnemental pour l'accompagnement de projets urbains durables ». CERMA, UMR 1563 Écoles Nationales Supérieures d'Architecture de Nantes, 2007
- **[VISER et al.]** Jean Christophe VISER, Ahmad HUSAUNDEE, Frédéric BOUGRAIN et Leslie K. NORFORD, Etats-Unis : Les programmes « Building america », « Zero energy homes » et « leadership in energy and environmental design » (LEED), PREBAT/Comparaison internationale Bâtiment et Energie/Rapport intermédiaire/Décembre 2006 /ADEME/PUCA/CSTB
- **[VALICOURT, 2001]** Dominique de VALICOURT, « Référentiel du système de management environnemental pour le maître d'ouvrage concernant des opérations de construction, adaptation ou gestion des bâtiments ». Association HQE, Novembre 2001

Articles

- **[MH DEMERS et al.]** Claude MH DEMERS et André POTVIN « Prédiction de la lumière naturelle pour la conception architecturale », Processings of eSIM2004, Vancouver 9-10 juin 2004.
- **[BERNARD et al.]** Bernard Paule, Jean-Louis Scartezzini « Leso-DIAL: outil d'aide à la conception en éclairage naturel », Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment, LESO-PB / EPFL, CH-1015 Lausanne.
- **[LARSSON,2004]** Nils LARSSON. Le processus de conception intégrée(PCI). *International Initiative for a sustainable Built Environment(iiSBE), Ottawa, 2004*
- **[ZIMMERMAN,2005]** Alex ZIMMERMAN. « Guide sur le processus de conception intégré », *Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2005.*
- **[KNOEPFEL et al.]** Peter KNOEPFEL, Marc Münster, « Guide des outils d'évaluation de projets selon le développement durable », *Office fédéral du développement territorial (ARE) Suisse, 2004.*
- **[PEUPORTIER et al.]** Bruno PEUPORTIER et Stéphane THIERS, « Des Eco-techniques à l'éco-conception des bâtiments », *Journée thématique SFT-IBPSA, mars 2006.*
- **[PEUPORTIER]** Bruno PEUPORTIER « La simulation et les nouvelles attentes liées au conception de développement durable » www.cenerg.ensmp.fr

Sites internet

- «Outils d'analyse environnementale des bâtiments ». -Novembre 2004. –UNIVERSITE DE ROUEN. M.A. ABDELGHANI-IDRISSI1, J.J. BIROT2, D. SEGUIN1, A. MILLER3, K. IP3.
<http://www.durabuild.org>.
- « Optimiser l'éclairage naturel », GUIDE PRATIQUE POUR LA CONSTRUCTION ET LA RENOVATION DURABLES DE PETITS BATIMENTS, *IBGE Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, Février 2007.*
- **[COMBES]** Christian COMBES, « Évaluation environnementale des bâtiments », juin 2006.
www.fusion-concept.com
- « **La construction durable : une stratégie d'entreprise** »
Groupe de travail. Entreprises et construction Durable, **2005**.
<http://www.constructiondurable.com>
- « Améliorer la transférabilité des techniques, des outils, des méthodes et des dispositifs innovants afin de mettre en place une « construction durable » dans la région méditerranéenne »
ASSOCIATION SD-MED. Projet LIFE « SB-MED »
<http://www.sd-med.org>

Annexe

- Méthodes d'évaluation de la Qualité Environnementale
Tableau des sites web

HQE	WWW.ASSOHQE.FR
PassivHaus	www.passivhaus.de
BREEAM	www.breeam.org
Green Building challenge	www.greenbuilding.ca
HQE 2R/SUDEN	WWW.SUDEN.ORG Hqe2r.cstb.fr
HK BEAM	WWW.HK-BEAM.ORG.HK
CASBEE	WWW.BYGGFORSK.NO
Minergie Minergie-P	www.minergie.ch

- <http://www.izuba.fr> – site pour développement des logiciels de simulation

