

**LES ANALYSES DU CYCLE DE VIE ET LES ANALYSES
MULTICRITÈRES, OUTIL D'ÉVALUATION RELATIVE DES PROJETS,
EN TERMES ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX.
L'APPLICABILITE AU DOMAINE DES MATERIAUX ET DE LA
CONSTRUCTION**

Patrick PHILIP
CEA

Alys SOW-DE CASTELBAJAC
Université de Provence et CEA

INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment représente 46% de la consommation finale d'énergie et 25% des émissions de gaz à effet de serre. Il est, après le secteur des transports, la deuxième cible identifiée dans le « Plan Climat » de la lutte contre le gaspillage énergétique et l'effet de serre.

Le PREBAT (programme de recherche et d'expérimentation sur la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment), visant à préparer les exigences énergétiques réglementaires futures imposées aux bâtiments neufs et existants, fixe différents objectifs suivants :

Bâtiments existants :

Pour 2010 : une consommation de chauffage de 50 kWh/m², rentable après 20 ans,

Pour 2015-2020 : une consommation totale inférieure à 80 kWh/m² ; retour sur investissement : 15 ans.

Bâtiment neuf :

Pour 2015-2020 : une consommation totale inférieure à 50 kWh/m².

Plus largement, le domaine des matériaux et de la construction, comme tous les secteurs d'activités, ne peut plus ignorer aujourd'hui les considérations environnementales et il doit même aller plus loin en respectant les objectifs de développement durable que s'est fixés la France.

L'évaluation de l'impact environnemental de technologies, de services et de produits requiert l'utilisation de méthodes efficaces et internationalement reconnues. Bien évaluer cet impact environnemental tout au long du cycle de vie du produit ou du système étudié, du berceau à la tombe, permet de choisir des solutions de faible impact ou d'atténuer par des mesures compensatoires les impacts les plus significatifs, sans négliger les considérations économiques qui restent évidemment un facteur de choix prépondérant pour le décideur.

Dans cette optique, plusieurs outils d'évaluation sont utilisés par les professionnels du domaine des matériaux et de la construction. La démarche HQE® (Haute Qualité Environnementale), les labels et les outils qui ont été développés pour les mettre en œuvre (notamment les Analyses du Cycle de Vie (ACV)) constituent un premier élément fondamental de réponse. Ils doivent être replacés dans le cadre d'une analyse multicritère (ACV étendue aux critères de durabilité).

La notion de protection de l'environnement opposée au développement économique est dépassée. On parle désormais de développement durable¹ : à l'idée de protection de l'environnement, sont associés les aspects économiques et financiers ainsi que les aspects sociaux et sociétaux.

¹ Selon la loi n°95-1001 du 2 février 1995, le *développement durable* vise à « satisfaire les besoins de développement des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Ainsi, une évaluation du temps de retour sur investissement d'un projet qui ne prendrait en compte que les seuls aspects économiques et financiers en « n'internalisant » pas les coûts environnementaux ou en négligeant la demande ou l'acceptabilité sociale, serait insuffisante ou inadéquate pour une décision durable.

MASIT est un outil d'aide à la décision multicritère² s'inscrivant dans le contexte du développement durable en s'intéressant à chacun de ses « piliers », il fera l'objet de la deuxième partie.

1. LES OUTILS D'EVALUATION EXISTANTS

1.1. Les analyses de cycle de vie (ACV)

Une ACV est une compilation et une évaluation des entrants et des sortants, ainsi que des impacts environnementaux d'un produit fini à toutes les étapes de son cycle de vie.

La pratique des ACV est régie par des normes internationales : la suite de normes ISO 14040. Les normes ISO 14040 à 14043 décrivent les différentes étapes de la réalisation d'une ACV.

Les questions techniques, économiques et réglementaires, doivent également être prises en compte. Plusieurs méthodes ont été développées pour offrir une évaluation fiable et explicite de tous ces aspects lors de la réalisation d'une étude d'impact.

Les Limites des ACV

La notion d'Environnement est vaste, et les ACV ne visent pas à couvrir l'ensemble de la problématique environnementale : seul ce qui est quantitatif (mesurable) et extensif (sommable) est pris en compte. On parle de comptabilité environnementale.

Ainsi on ne prend pas en compte de façon directe dans les ACV :

l'impact des activités sur les paysages,

le bruit, les odeurs,

la toxicité des produits émis,

l'évolution dans le temps.

et d'une façon générale, tous les dommages indirects ou difficilement évaluables sur le plan monétaire.

1.2. La démarche Haute Qualité Environnementale (HQE®)

La démarche HQE® a pour but de guider les maîtres d'ouvrage et leurs partenaires dans une approche environnementale. C'est une démarche totalement volontaire pour intégrer l'environnement dans la logique des acteurs du bâtiment.

La démarche HQE® propose une méthode de travail et de conduite de projet. C'est ce que l'on appelle le « Système de Management des Opérations », SMO. Il s'agit dans les faits d'une déclinaison du système international de management environnemental ISO 14001, adapté aux opérations de construction. Il va guider le maître d'ouvrage dans les différentes phases de l'opération.

² Outil d'évaluation prenant en compte plusieurs points de vue tels que l'« environnement », l'« économie », le « social », pouvant servir à titre informationnel ou, comme dans le cadre de MASIT, à titre décisionnel.

Quatorze cibles au total sont considérées dans la démarche HQE® : 7 pour l'environnement et le confort des occupants, et 7 pour l'environnement en général :

Cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur	Cibles de création d'un environnement intérieur satisfaisant
Famille F1 : Cibles d'éco-construction 1. Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat 2. Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction 3. Chantier à faibles nuisances Famille F2 : Cibles d'éco-gestion 4. Gestion de l'énergie 5. Gestion de l'eau 6. Gestion des déchets d'activité 7. Gestion de l'entretien et de la maintenance	Famille F3 : Cibles de confort 8. Confort hygrothermique 9. Confort acoustique 10. Confort visuel 11. Confort olfactif Famille F4 : Cibles de santé 12. Qualité sanitaire des espaces 13. Qualité sanitaire de l'air 14. Qualité sanitaire de l'eau

Les indicateurs retenus pour exprimer les exigences contenues dans les cibles et sous-cibles sont de différents types : quantitatifs ou qualitatifs, orientés résultats ou orientés moyens, selon les cas et selon les phases du projet auxquelles ils s'appliquent. Au sens des normes ISO 14000, ce sont des indicateurs « opérationnels ».

Dans de nombreux cas, la démarche HQE® peut être lancée sur la base des référentiels de l'association HQE® sans rechercher de certification (quand elle existe). Le recours à la certification reste un acte volontaire de la part du maître d'ouvrage, elle ne constitue pas une obligation pour se réclamer de la démarche HQE®.

Les certifications « HQE® » prendront, de façon générale la forme « NF « bâtiment » - démarche HQE® » (2005 : « NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® », en préparation : « NF Bâtiments logement – Démarche HQE® » applicable aux opérations de logements neufs en immeubles collectifs et individuels groupés, « NF-MI – Démarche HQE® » applicable aux logements individuels diffus.

Les limites de la démarche HQE®:

On sait que les paramètres de Qualité Environnementale sont liés entre eux et qu'ils interagissent, le référentiel HQE® mentionne certaines de ces interactions. Cependant, toutes les interactions ne sont pas prises en compte et les utilisateurs du référentiel devront être conscients que l'action conduite sur un paramètre va modifier les valeurs d'autres paramètres, dans un sens favorable ou défavorable selon les cas.

1.3. Les limites des outils d'évaluation existants dans le cadre d'un développement durable

On ne peut plus aujourd'hui se limiter aux seuls impacts environnementaux sans prendre en compte les aspects économiques, sociaux et sociétaux. On parle alors de « durabilité ». La question de l'extension ou de l'adaptation des ACV et de la démarche HQE aux analyses globales de durabilité se pose donc.

2. MASIT : MULTICRITERIA ANALYSIS FOR SUSTAINABLE INDUSTRIAL TECHNOLOGIES, UN NOUVEL OUTIL D'EVALUATION COMPARATIVE POUR TECHNOLOGIES DURABLES

Une technologie, pour être durable, doit être plus sobre, plus propre et globalement plus économique mais aussi plus acceptable socialement.

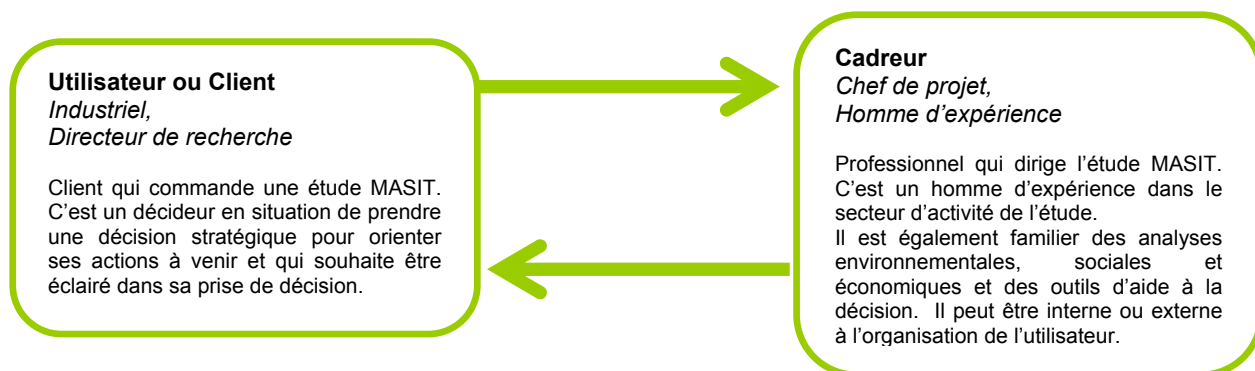
Les critères qui permettent d'évaluer de façon relative et comparative la « durabilité » de 2 technologies ou systèmes sont par nature et le plus souvent interdépendants. La sélection des interactions les plus significatives ne peut s'établir qu'à partir d'une analyse multicritère ! C'est l'objet de MASIT qui est une procédure ouverte structurée en six étapes et six points de vue.

2.1. Caractéristiques essentielles de MASIT (projet de norme)

La liste suivante résume quelques-unes des caractéristiques essentielles de MASIT.

- MASIT est une analyse multicritère qui s'intéresse à six points de vue qui définissent la durabilité : la réglementation, la technique et l'industrialisation, l'environnement, les risques industriels et technologiques, l'économie, le social.
- MASIT mobilise sur un même plan deux catégories de points de vue : l'une relevant du domaine physique et objectif (la réglementation, la technique et l'industrialisation, l'environnement, les risques industriels et technologiques), l'autre relevant du domaine subjectif du comportement humain (l'économie, le social).
- MASIT est une analyse relative et comparative, c'est à dire une analyse par rapport à un référent ou entre plusieurs technologies.
- MASIT est une procédure impliquant l'association d'un utilisateur et d'un cadreur qui doivent faire des choix (par exemple : choix des frontières du système, choix des métriques), ce qui rend MASIT adaptable à chaque contexte particulier.
- MASIT est une analyse systématique mais non exhaustive : elle s'intéresse à tous les points de vue sans nécessairement explorer chacun de façon approfondie. MASIT ne retient que les aspects significatifs et discriminants compte tenu des objectifs de l'étude, à l'issue d'une concertation entre l'utilisateur et le cadreur.
- Le processus itératif de MASIT, qui peut comporter plusieurs boucles d'optimisation, en fait une démarche souple et adaptable.

2.2. Les acteurs de la méthode



La procédure et le partenariat entre les acteurs sont balisés par des points de contrôle et des points de décisions.

2.3 Les six points de vue

MASIT s'intéresse ne s'intéresse pas seulement aux produits finaux mais également à son mode de fabrication. On parle alors de **couple processus/produit**, c'est à dire une technologie vue sous l'angle d'une association formée par un **processus** (mode de production, de transformation, de fabrication) et un **produit** (fini ou semi-fini), **la notion de couple met l'accent sur l'aspect indissociable du processus et de son produit.**

Pour déterminer les éléments clefs de comparaison, les technologies ou systèmes étudiés (en réalité les couples processus/produits qui les caractérisent) sont analysés aux travers de **six points de vue complémentaires prenant en compte les objectifs du développement durable** :

- la réglementation,
- la technique & l'industrialisation,
- l'environnement,
- les risques industriels et technologiques,
- l'économie,
- le social.

1. **La Réglementation** est un **filtre binaire d'acceptation ou de refus**. Si un processus n'est pas réglementaire, il est forcément refusé. On évalue aussi les évolutions réglementaires à moyen et à long terme.

2. **La Technique et l'Industrialisation** s'attachent à identifier les paramètres d'efficacité, de mise en œuvre et de durée de vie du procédé qu'il soit déjà industrialisé ou en cours d'industrialisation. Dans MASIT, les technologies peuvent être émergentes, croissantes ou matures. Nous en déduisons le potentiel de progression de la technologie et l'ampleur des risques à l'investissement. Il faut insister sur l'actualisation des paramètres de la technique déjà exploitée. Les données doivent être actualisées pour avoir une comparaison valable à l'instant (t).

3. **L'Environnement** regroupe les effets biologiques des substances et « l'écologistique » prenant en compte divers paramètres. Dans la méthode, nous avons regroupé l'atteinte à la biodiversité, la production de déchets ultimes, la consommation de ressources non renouvelables et les effets globaux irréversibles sous cette appellation.. Cependant ces critères peuvent être considérés d'une façon agrégée ou désagrégée selon les résultats de la comparaison des couples processus/produits.

Ces paramètres couvrent un large spectre d'impacts et sont peu redondants entre eux. Ils peuvent accepter des métriques numériques³ ou « à niveau ». Les effets biologiques des substances sont évalués à travers les fiches produits, les fiches INRS ou la littérature spécialisée.

4. **Le Risque Industriel et le Risque Technologique** sont distingués dans MASIT par leurs domaines d'application. Le risque industriel concerne spécifiquement l'étape et le site de production alors que le risque technologique concerne l'ensemble du cycle de vie de produit. Les métriques utilisées sont assez bien connues. Le but est de savoir si l'utilisateur final veut ou peut assumer le risque ou s'il le trouve inacceptable.

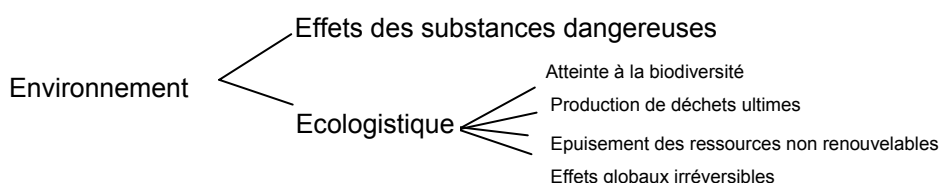
5. **L'Economie** permet de positionner les technologies étudiées selon différents indicateurs économiques. Tous les coûts du cycle de vie sont approchés : développement de la technologie, investissement, exploitation ou maintenance et fin de vie de la technologie.

6. **Le Social** prend en compte l'aspect humain des changements occasionnés par la mise en place d'une nouvelle technologie.

Chaque point de vue peut être appréhendé par plusieurs critères et chaque critère par plusieurs paramètres.



Exemple pour le point de vue « environnement » :



En **Annexe A** figure une liste des paramètres et critères et métriques associées (cf. paragraphe 2.4.3.«Définition des métriques »), proposée à titre indicatif.

2.4. Les six étapes :

Le rapport doit comprendre les choix effectués, les commentaires faits, les données recueillies. Le rapport doit être un historique du déroulement des étapes de la procédure.

³ métrique : Outil et conditions de la mesure ou de l'évaluation d'un paramètre ou d'un critère. La métrique définit la grandeur caractéristique du paramètre ou du critère, les méthodes d'évaluation et les conditions de la mesure ou de l'évaluation. (cf. paragraphe D.3. « définition des métriques »)

Le schéma général de la méthode montre une boucle d'itération qui permet au vu des premiers résultats de revenir sur les hypothèses de départ et d'affiner l'étude. D'autres boucles itératives peuvent être effectuées à l'intérieur de chacune des étapes de la méthodologie.

L'itération permet une modélisation souple de la problématique et un gain en temps et en moyens

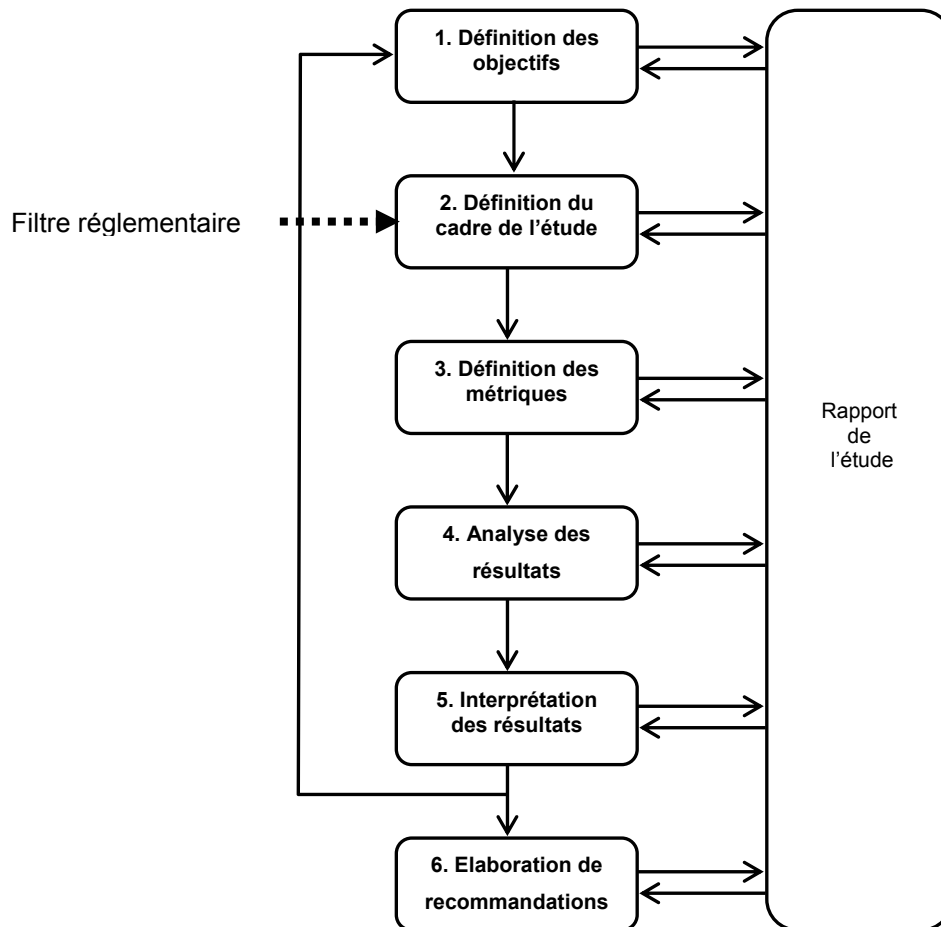


Figure 1 – Schéma général de la méthodologie MASIT

2.4.1. Définition des objectifs résultants de l'analyse de la demande de l'utilisateur

L'utilisateur doit définir les objectifs de l'étude. Le cadreur doit aider l'utilisateur à formuler ses objectifs voire à les adapter de façon pertinente par rapport au contexte afin qu'ils soient réalisables. L'utilisateur doit indiquer au cadreur les aspects qu'il souhaite a priori privilégier. Toutefois, l'utilisateur peut revenir sur ses orientations à la lumière des premiers résultats de l'étude.

2.4.2. Définition du cadre de l'étude

Cette étape permet de sélectionner, parmi l'ensemble des couples processus/produits, les couples qui seront étudiés. A chaque couple retenu, on associe les flux entrant et sortant, les étapes amont et aval. Toutes ces données passeront au filtre des sept points de vues. Le filtre binaire du « point de vue législation » est appliqué à ce moment.

- **Identification des objets (couples processus/produits et des fonctions) à comparer :**

L'utilisateur et le cadreur doivent établir l'objet de la comparaison qui comprend : les technologies, vues comme des couples processus/produit, les fonctions remplies par ces couples processus/produit dans le cadre de l'étude.

Les couples processus/produit comparés doivent assurer les mêmes fonctions et doivent donc présenter des frontières similaires.

Fonctions assurées par les couples processus/produit			
Date :		Auteur :	
Couples processus/produit	Fonctions		Commentaires
	Nom	Objectif	
Couple processus/produit A	Fonction 1	Objectif 1	
	Fonction 2	Objectif 2	
	Fonction 3	Objectif 3	
Couple processus/produit B			
Couple processus/produit C			

Tableau 1 : Fonctions assurées par les couples processus/produit

Couples processus/produit assurant une fonction donnée				
Date :		Auteur :		
Fonctions		Couple processus/produit		Commentaires
Nom	Objectif	Processus	Produit	
Fonction 1	Objectif 1	Processus 1	Produit 1	
		Processus 2	Produit 1	
Fonction 2	Objectif 2	Processus 1	Produit 1	
		Processus 3	Produit 1	

Tableau 2 : Couple processus/produits assurant une fonction donnée

Puis l'utilisateur et le cadreur décident ensemble les flux d'entrée et de sortie qu'ils doivent retenir dans l'étude (élimination des flux considérés comme négligeables). Les données identifiées iront essentiellement alimenter le point de vue Environnement. On identifie en particulier la nature des émissions, des rejets, des matières premières et des énergies.

- **Définition du champ de l'étude :**

Lors de cette étape, sont définies les conditions de validité de la comparaison. En effet, on ne peut comparer plusieurs couples processus/produit que si le service rendu est identique. Le service rendu correspond à la performance de la fonction.

L'utilisateur et le cadreur doivent déterminer la qualité de réalisation à atteindre par chaque couple processus/produit afin qu'ils assurent le même service.

NB : Dans la norme ISO 14040, qui définit les principes de l'analyse de cycle de vie, la base commune de comparaison est appelée Unité Fonctionnelle.

Qualité de réalisation atteinte par les couples processus/produit					
Date :		Auteur :			
Couples processus/produit	Fonctions			Qualité de réalisation	Commentaires
	Nom	Objectif	Performance		
Couple processus/produit A	Fonction 1	Objectif 1	Performance α	Qualité A1	
	Fonction 2	Objectif 2	Performance β	Qualité B1	
	Fonction 3	Objectif 3	Performance χ	Qualité C1	
Couple processus/produit B					
Couple processus/produit C					

Tableau 3 : Qualité de réalisation atteinte par les couples processus/produit

- Filtre réglementaire, étude de la réglementation en vigueur :**

L'utilisateur et le cadreur doivent éliminer de l'étude les couples processus/produit qui ne respectent pas la réglementation et la législation en vigueur.

NB : L'évolution de la réglementation et les pressions ou les contraintes autres que celles qui sont de nature formellement réglementaire et qui ont un caractère normatif (par exemple les pratiques commerciales ou l'attribution de labels écologiques) seront prises en compte dans les métriques du point de vue «réglementation».

2.4.3. Définition des métriques

Le cadreur doit passer en revue les paramètres et les critères de tous les points de vue afin de sélectionner ceux qui sont pertinents.

Dans toute technologie émergente, un certain nombre de données ne sont pas quantifiées numériquement. Cette étape permet une définition des quantifications. Les métriques utilisées peuvent être quantifiées par un niveau (faible, moyen, fort) ou, si elles sont disponibles, des métriques numériques. Les métriques à niveaux s'appliquent aussi à des données pertinentes mais difficilement mesurables comme l'acceptabilité, les effets de modes ou le stress engendré par une technologie.

Exemple de « métrique à niveau » :

Le paramètre « maturité de la technologie » correspond à l'expérience de la technologie. La métrique est à trois niveaux : « en recherche », « en développement », « en exploitation industrielle ».

Le cadreur doit déterminer la qualité requise des données à obtenir pour toutes les métriques afin d'autoriser l'interprétation des résultats. Pour chaque paramètre et critère retenu, le cadreur doit donner la nature, la définition claire de la métrique choisie et la méthode de mesure ou d'évaluation.

2.4.4. Analyse des couples processus/produit

C'est l'étape d'analyse exhaustive selon les sept points de vue. On retrouve les différentes évaluations possibles dans le tableau en annexe A.

L'utilisateur et le cadreur doivent effectuer la collecte des données techniques et des données techniques de références relatives aux métriques retenues. A mesure que les données sont recueillies, des limites concernant l'accessibilité ou la qualité constatée des données peuvent apparaître et rendre nécessaires une adaptation de la définition et du choix des métriques. **La réalisation de l'analyse multicritère est un processus itératif. A mesure que le système est mieux connu, de nouvelles exigences peuvent être identifiées et rendre nécessaire un approfondissement d'une partie de l'étude afin de mieux répondre aux objectifs fixés.**

L'agrégation des résultats est souhaitable dans la mesure où elle offre une vision plus globale au décideur mais elle n'est pas indispensable et ne doit pas être systématique, afin de ne pas masquer le ou les paramètres à l'origine de discriminations significatives.

Résultats de l'analyse									
Date :		Auteur :							
Couple processus/produit :									
Définition des métriques				Evaluation			Référence du secteur		
Point de vue	Critère	Paramètre	Unité ou Niveaux	Valeur	Incertitude	Source d'info	Valeur	Incertitude	Source d'info
Réglementation									
Technique et Industrialisation									

Tableau 4 : Résultats de l'analyse

2.4.5. Interprétation des résultats de l'étude

De cette phase découle la conclusion sur les technologies mises en concurrence. La démarche est la suivante :

1. Sélection et tracé des grilles bi-axiales⁴ selon :
 - les niveaux d'interaction entre paramètres et critères (déterminés grâce à la grille d'analyse multicritère),
 - les objectifs de l'utilisateur,
2. Lecture des grilles bi-axiales,
3. Approfondissement des résultats (lorsque la lecture des grilles bi-axiales ne permet pas de discrimination ou de hiérarchisation).

Les chapitres 2.5 et 2.6 détaillent la construction de la grille multicritère et celle des grilles bi-axiales.

2.4.6. Elaboration de recommandation pour l'utilisateur

Le nombre de grilles bi-axiales sélectionnées est réduit afin d'élaborer des recommandations pour l'utilisateur quant aux points forts ou faibles d'un couple processus/produit ou sur la durabilité d'un couple par rapport à d'autres. L'utilisateur utilise ces recommandations dans sa décision finale.

2.5. Interaction entre les six points de vue, construction d'une grille d'analyse multicritère

Tous les points de vue, critères et paramètres sont dépendants à des degrés variables. Les interactions entre les différents critères sont déterminées à l'aide de valeurs de 0 (sans influence) à 3 (forte influence), la valeur X étant utilisé pour des influences non qualifiables (figure 2). La grille d'analyse multicritère que nous présentons peut-être remplie autrement par le cadreur et l'utilisateur en fonction de leurs problématiques ou de leur sensibilité. Elle peut également contenir d'autres rubriques.

La grille doit reprendre les points de vue prépondérants pour le décideur, ensuite les interactions sont identifiées avant d'être quantifiées. La valeur affectée à chaque interaction est fonction de la problématique du décideur, des données recueillies, du contexte économique, politique, juridique et de la sensibilité des acteurs.

Chaque valeur de la grille peut être résumée par une ou deux petites phrases expliquant le pourquoi de ces valeurs.

Cette grille d'analyse multicritère doit être utilisée pour les interactions à forte influence (=3) afin de construire des représentations graphiques (grilles bi-axiales) exprimant les liens favorables ou défavorables entre critères et leurs variations au cours du temps (cf. figure 3 du chapitre 2.6)

MASIT n'est pas une méthode directive, c'est le décideur et lui seul qui décide des critères et de l'importance qu'il leur accorde. Le rôle du cadreur est aussi de garder un regard objectif sur les critères retenus. Il doit aussi protéger la cohérence entre les objectifs de l'étude et les critères.

⁴ **Grille bi-axiale** : Graphe à deux dimensions utilisé lors de l'interprétation des résultats, chaque dimension représentant un paramètre, un critère ou un agrégat de paramètres ou de critères. Dans ce graphe sont positionnés les couples processus/produit de la comparaison d'après les données des couples processus/produit. (**Grille bi-axiale d'évolution** : Grille bi-axiale où sont positionnés les couples processus/produit de la comparaison à différents instants dans le temps.)

		S		Ec						R.I&T			En		T&I							
		acceptabilité externe	acceptabilité interne	fin de vie	maintenance	exploitation	développement	investissement	TRI	coût de la réparation	coût de la prévention	risque	effet biologique des substances dangereuses	écologique	développement industriel	mise en œuvre	maturité	durée de vie	efficacité	fiabilité	recyclabilité	
T&I	recyclabilité	3	X	0	1	1	2	X	3	0	0	2	2	3	0	0	0	2	0	0		
	fiabilité	2	3	0	3	2	0	2	2	3	2	3	0	0	3	0	2	0	1		0	
	efficacité	2	1	0	1	2	1	2	3	2	2	2	1	3	2	1	2	0		1	0	
	durée de vie	2	0	2	3	2	2	3	3	0	0	0	0	2	0	0	0		0	0	0	
	maturité	3	3	0	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	2	2		0	2	2	0	
	mise en œuvre	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	1		1	1	1	1	1	
	développement industriel	2	2	2	3	3	1	0	2	2	2	2	1	0		2	3	2	1	2	1	
En	écologistique	3	0	3	0	0	1	1	3	2	2	2	0									
	effet biologique des substances dangereuses	3	3	3	0	0	3	3	2	3	3	3	0									
R.I&T	risque	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2											
	coût de la prévention	2	1	1	1	1	3	3	2	2		3										
	coût de la réparation	2	1	1	2	2	3	3	2		1	2										
Ec	TRI	2	0	1	2	2	2	3														
	investissement	2	0	1	1	1	2		3													
	développement	1	1	0	1	1		1	1													
	exploitation	3	3	1	3		2	2	2													
	maintenance	3	3	1		3	1	2	2													
	fin de vie	2	0		0	0	2	1	0													
S	acceptabilité interne	2																				
	acceptabilité externe		2																			

T&I : Technique & Industrialisation,
 En : Environnement,
 R.I&T : Risques Industriel et Technique,
 Ec : Economie,

S : Social

0 : interaction faible, 1 : interaction moyenne, 2 : interaction forte, 3 : interaction très forte,
 X : influence non quantifiable

Figure 2 : Grille d'interactions entre les paramètres (Hors réglementation) (à titre indicatif)

2.6. Présentation des résultats

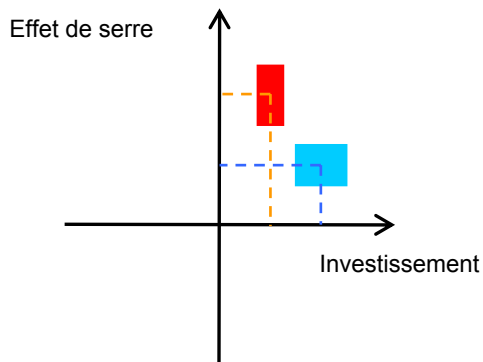
Des améliorations (propositions de nouveaux paramètres ou de nouvelles métriques) pourront être faites au fur et à mesure des progrès scientifiques et techniques.

La sélection des interactions les plus significatives étant effectuée, les résultats sont présentés sous forme de grilles bi-axiales (cf. figure 3) où les couples processus/produit sont comparés selon deux paramètres, critères ou agrégats et qui permettent au décideur de mesurer les enjeux et les perspectives et de motiver ses choix (quel est la technologies ou le système le plus durable ?).

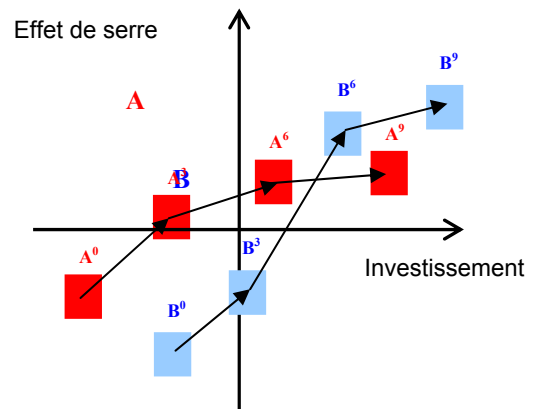
Les résultats peuvent aussi être présentés sous forme de grilles bi-axiales d'évolution (cf. figure 3). Ces grilles d'évolution permettent de visualiser dans le temps les positions relatives des différents couples processus/produit par des études prospectives ou rétrospectives.

L'utilisateur dispose des chemins déjà parcourus ou prévisibles pour l'avenir, et possède donc une information supplémentaire lui permettant de faire des anticipations raisonnables.

Les grilles bi-axiales de positionnement



Les grilles bi-axiales d'évolution



Évolution sur les 9 années à venir

Figure 3 : Exemple de présentation des résultats

CONCLUSION

Lorsqu'on veut faire une évaluation relative et comparative de plusieurs couples processus/produit dans le domaine des matériaux et de la construction, on peut appliquer la procédure MASIT, sélectionner les critères et paramètres les plus influents (en forte interaction) et par une interprétation graphique produire les arguments déterminants (au sens du développement durable) du choix et de la prise de décision.

ANNEXE A

Liste des paramètres et critères et les métriques associées

(à titre indicatif)

Point de vue	Critères et Paramètres		Métriques
Réglementation	Réglementation à venir		5 niveaux de contrainte : <i>inexistante, très faible, faible, moyenne, forte</i>
	Différences réglementaires entre les différentes zones d'échange		Par exemple, 4 niveaux de contrainte : <i>zone d'opportunité totale, zone d'opportunité restreinte à la France, zone d'opportunité restreinte à l'Europe, zone de menace totale.</i>
	Contraintes non formellement réglementaires		Métrique à niveaux , par exemple : <i>menace, aucun effet, opportunité</i>
Technique & industrialisation	Efficacité		Métrique numérique exprimée en %
	Fiabilité		Métrique numérique exprimée en % (prise égale au taux de disponibilité)
	Durée de vie		Métrique numérique exprimée en année
	Maturité		Métrique à niveaux, par exemple : <i>en recherche, en développement, en exploitation industrielle</i>
	Recyclabilité		Métrique numérique exprimée en % (prise égale au pourcentage de matières recyclables par rapport au total de matières)
	Mise en œuvre		Métrique numérique exprimée par la flexibilité en €/service rendu ou par le taux de rebut en %
Environnement	Effet biologique des substances dangereuses	Toxicité humaine	Métrique à niveau évaluant le nombre de « problèmes » engendrés par les substances dangereuses sur l'homme
		Ecotoxicité	Métrique à niveau évaluant le nombre de « problèmes » engendrés par les substances dangereuses sur l'environnement
	Ecologistique	Atteinte à la biodiversité	Métrique à niveaux : <i>présence, absence, abondance d'espèces</i>
		Epuisement ressources non renouvelables	Métrique numérique (taux d'épuisement)
		Effets globaux irréversibles	Métrique numérique en masse (contribution à l'effet de serre en masse équivalent CO ₂)
		Production de déchets ultimes	Métrique numérique en masse (masse de déchets rejetés pondérée selon leur spécificité)
	Risques industriels et technologiques	Coût des risques industriels et technologiques	
Economie	Investissement	Capital investi	Métrique numérique exprimée en €
		TRI	Métrique numérique exprimée en année
	Coût d'exploitation		Métrique numérique exprimée en €
	Coût de fin de vie		
Social	Acceptabilité interne à l'entreprise		Métriques à niveaux déterminée à partir des études sociales
	Acceptabilité externe à l'entreprise		