



respect de l'environnement

DIOGEN : BASE DE DONNÉES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES MATERIAUX POUR LES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Guillaume HABERT¹, Yannick TARDIVEL², Christian TESSIER³

¹ Université Paris-Est – ² SETRA – ³ IFSTTAR

1. ORIGINE DE LA BASE DE DONNÉES

1.1. L'évaluation environnementale des structures de génie civil

Afin de faire vraiment émerger les solutions les plus pertinentes, que ce soit dans le domaine du Génie Civil ou ailleurs, une approche globale est toujours nécessaire. Cette approche globale suppose de compléter les approches économiques et performantielles par des évaluations environnementales permettant d'apprécier la valeur d'un projet d'infrastructure au regard des impératifs du développement durable.

L'étude de type ACV (analyse de cycle de vie) réalisée selon la norme NF EN ISO 14040 élargit le champ d'évaluation en proposant la prise en compte d'impacts environnementaux et propose également d'étendre l'évaluation aux étapes de « vie en œuvre » et de « fin de vie » du projet.

Une récente étude d'ACV d'ouvrage d'art¹ a permis de mettre en évidence le poids particulièrement important de l'étape de production des matériaux constitutifs de la structure étudiée : selon la nature des impacts évalués, cette étape représentait de 24 à 90% de la valeur totale de ceux-ci. Le second poste déterminant en terme d'impacts environnementaux était lié à la nature de l'énergie utilisée dans le cadre des différents processus couverts par le périmètre d'analyse.

1.2. Le besoin de données environnementales spécifiques

Cette même étude a soulevé de nombreux questionnements sur la disponibilité de données adaptées au domaine du génie civil, sur leur fiabilité et leur représentativité. La plupart des structures sont dimensionnées selon des contraintes spécifiques. D'autre part, afin d'accroître leur performance et leur durabilité, le secteur du génie civil continue de développer de nombreuses innovations en

¹ Guide T87 CIMBETON « Analyse du cycle de vie d'un pont en béton » (2010).





termes de conception de structures et d'élaboration de matériaux. La spécificité des formulations de béton choisies ou des désignations d'acier, l'apparition de techniques à base de matériaux alternatifs (polymères, composites, bois,...) nécessitent l'accès à une bibliothèque environnementale délivrant des données suffisamment fiables et représentatives pour évaluer les variantes présentées dans les projets.

Ces spécificités nécessitent donc la constitution d'un complément aux bases existantes, notamment celles relatives aux documents types tels que les FDES², établis selon la norme NF P 01-010 et généralement utilisés dans le cadre de projet bâtiment.

En outre, la durabilité de la structure dépend non seulement de la qualité de sa conception et de sa mise en œuvre, mais aussi des conditions d'exploitation ainsi que des opérations de surveillance et d'entretien auxquelles elle sera soumise. Celles-ci devront être intégrées à l'évaluation afin de pouvoir rapporter les impacts environnementaux à une durée de référence, la durée de vie de la structure en l'occurrence.

2. PRINCIPES DE LA BASE DE DONNÉES

2.1. Le champ d'étude retenu

Le groupe DIOGEN a pour objectif d'aboutir à la création d'une base de données librement accessible à la profession, pouvant constituer une référence dans le domaine du génie civil. Créé au sein de l'AFGC, il réunit une cinquantaine de représentants des producteurs de matériaux, des entreprises et bureau d'études, ainsi que des établissements institutionnels.

Cette base de données regroupera des données adaptées au domaine, en matière d'impacts environnementaux, de type « cradle-to-gate », en s'appuyant sur les données existantes par ailleurs, et en les combinant autant que nécessaire de façon à aboutir aux objets usuels du génie civil.

Destinée à alimenter les outils d'évaluation des ouvrages, elle sera assortie d'un cadre méthodologique d'utilisation,

et de l'appréciation d'un indice de confiance à attacher aux différentes données (représentativité, fiabilité,...).

Les frontières du champ d'étude

Il s'agit d'approcher les impacts des matériaux lors de leur production, ce qu'il faut entendre comme étant juste avant le transfert sur le chantier.

Cela inclut donc les phases de transformation des matériaux faites en usine ou en atelier, avant l'approvisionnement sur chantier. Si on prend l'exemple des armatures d'acières, les opérations de façonnage et de soudage en atelier des armatures seront considérées, de même que le transport entre le site de production et le site de façonnage. Les autres phases dépendent fortement de la structure concernée et du contexte de sa construction, elles sont donc en dehors de la base de données Diogen, qui se veut générique, et il faut avoir conscience du caractère partiel, bien que fondamental, de cette base (voir figure 1).

Par conséquent, la base DIOGEN ne prend pas en compte le potentiel de recyclage des matériaux en fin de vie de la structure, par contre elle prend bien évidemment en compte l'atténuation des impacts due à l'incorporation de matériaux recyclés lors de la production.

Le champ d'étude lui-même

Il s'agit d'approcher les impacts environnementaux des matériaux de génie civil lors de leur production. Parmi les impacts les plus cités, on trouve le plus souvent le bilan carbone, et une forte proportion d'études se limite à ce seul critère. Cela aurait-t-il du sens de viser un monde où le climat serait préservé, mais avec des ressources épuisées, de l'eau et de l'air pollués,... ?

Bien évidemment une étude sérieuse se doit de prendre en compte l'ensemble des impacts environnementaux paraissant pertinents pour baser les choix à faire.

La norme NF P 01-010 intègre 10 impacts environnementaux :

- Consommation de ressources énergétiques (MJ)
- Épuisement de ressources (ADP) (kg éq. Antimoine)
- Consommation d'eau (litre)
- Déchets solides (kg)
- Changement climatique (kg éq. CO₂)
- Acidification atmosphérique (kg éq. SO₂)

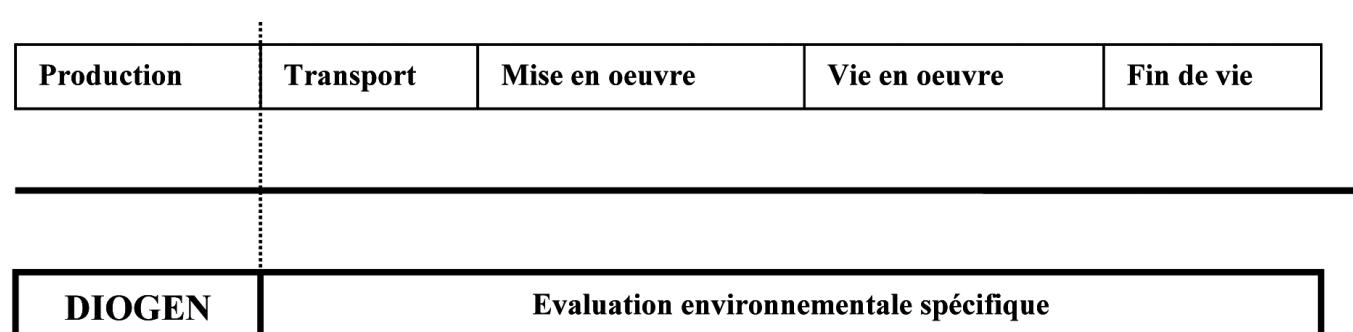


Figure 1 : Frontières du champ d'étude

² Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire.



- Pollution de l'air (m³)
- Pollution de l'eau (m³)
- Destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg CFC éq. R11)
- Formation d'ozone photochimique (kg éq. Etylène)

Nous pouvons à juste titre nous poser la question de la pertinence absolue de ces impacts par rapport aux problématiques du génie civil. A titre d'exemple, le bruit n'est-il pas un impact environnemental qu'il conviendrait de prendre en compte ?

Des impacts supplémentaires peuvent être apportés par les évolutions normatives, et certains impacts peuvent être modifiés. Notamment, le projet de norme prEN 15804 énonce une évolution de certains impacts de la NFP 01-010.

Dans l'attente de la validation des projets de normes, il a été décidé de travailler sur la base des impacts définis actuellement par la NF P 01-010, puis de prendre en compte les évolutions à venir.

2.2. Les matériaux constitutifs

Nous nous sommes posé la question de la meilleure façon d'aborder la structuration des matériaux auxquels on allait s'intéresser. L'enjeu était de ne pas oublier de matériaux pertinents dans l'approche des impacts des ouvrages de génie civil, et de structurer les données dans un format usuel pour les différents intervenants dans la conception de ces ouvrages.

Il fallait aussi ne proposer que des items dont la quantité serait connue ou estimable dès le début d'une démarche de conception d'ouvrage. A titre d'exemple, il était exclu de proposer une version « matériau X issu d'une filière de recyclage » et « matériau X ne provenant pas d'une filière de recyclage » – nous avons préféré présenter le matériau X avec une moyenne liée à son mode de production. Il était de la même façon exclu de découper en fonction de la provenance du matériau en question, même si l'on sait le caractère notable de l'influence de cette provenance sur les impacts liés au matériau. Nous avons en fait essayé d'estimer une moyenne représentative pour les matériaux usuellement utilisés en France.

Il convenait enfin de présenter un découpage des différents items, permettant à la fois de prendre en compte des différences notables d'impact pouvant exister entre telle ou telle variante du matériau considéré (différents bétons par exemple), mais sans multiplier inutilement le nombre de matériaux (raisonner par type de béton en fonction de sa destination par exemple). Nous avons donc pris le parti de déterminer, en fonction des observations que nous pourrions faire au cours de la démarche, des classes à la fois homogènes et raisonnables.

Il nous a semblé pertinent d'aborder ce découpage par le schéma usuel des détails estimatifs. Le document de départ recensait les différents prix liés à la réalisation d'un ouvrage de génie civil routier destiné à être complété (notamment pour d'autres types d'ouvrages) et faire l'objet de regroupement de certains items.

Les différents matériaux à aborder ont été répartis en 4 groupes :

- Les **matériaux cimentaires** s'intéresseront aux impacts des différents constituants des bétons : ciments, granulats, additions, adjuvants, mortiers spéciaux, B.P.E. et produits préfabriqués en béton. Cette approche sera complétée par les impacts globaux de bétons classiquement employés (bétons de propreté, bétons de fondation,...).
- Les **matériaux métalliques** regrouperont les armatures passives, la précontrainte, les suspensions et câbles, les aciers de construction, les pieux et palplanches, les appareils d'appui métalliques, les dispositifs de sécurité,...
- Les **matériaux de revêtement et composites** concernent les produits d'étanchéité et d'anticorrosion, produits bitumineux, produits souples d'injection, joints, canalisations...
- Enfin, un groupe est chargé de recenser les impacts à affecter au **bois**.

Dans chacun de ces groupes un important travail de recensement des données existantes est à effectuer et un découpage judicieux des items est à réfléchir (en fonction de la taille des éléments, de la classe de résistance,...).

2.3. La mise en œuvre et les matériaux associés

Nous avons vu que nous avions décidé de n'intégrer au sein du groupe DIOGEN que les données relatives à la production des matériaux, juste avant la livraison sur chantier. Cette décision a été prise compte tenu de la priorité de disposer dès que possible des données de base des matériaux constitutifs, mais elle doit être assortie d'une attention attisée des utilisateurs du fait qu'il s'agit d'une première phase dans une démarche qui se doit d'être plus globale, et ainsi de prendre en compte les phases de construction, de vie en œuvre et de fin de vie.

Il s'agit en particulier, pour ce qui concerne les données relatives aux matériaux, d'éviter les comparaisons trop rapides et trop partielles, notamment entre la préfabrication et la construction in situ. La préfabrication vient certes « plomber » les chiffres d'impact de production des matériaux, mais un bénéfice lors de la construction peut venir changer les conclusions.

A proximité de l'aboutissement des groupe « matériaux », nous envisageons donc de compléter le travail par une approche à travers un groupe chargé de l'évaluation des matériaux de mise en œuvre. Devant l'impossibilité de couvrir l'ensemble des cas particuliers de construction d'ouvrages, l'idée est d'approcher un barème d'impact des matériaux les plus usuellement utilisés sur le chantier, par durée d'utilisation par exemple. On trouvera sous cette approche les groupes électrogènes, compresseurs, malaxeurs, outils de coffrage, grues,...

Chaque groupe a donc en vue le recensement des matériaux les plus usuels nécessaires à la mise en œuvre sur ouvrages des matériaux qu'il considère.

Ces données de base pourront alors alimenter des bilans effectués en adoptant des durées d'utilisation adaptées au contexte du chantier envisagé.





3. LA MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE

3.1. Les critères de jugement des données

L'analyse de gravité réalisée à partir des résultats d'une étude ACV permet de déterminer quels sont les processus et les matériaux dont le poids est déterminant. Pour ceux-ci, il est particulièrement important de disposer de données environnementales appropriées, justes et précises. Face à la multiplicité des données disponibles, il faut donc être capable de les caractériser selon des critères qui permettent de juger de leur pertinence.

La représentativité

En premier lieu, ces données doivent être représentatives du matériau étudié. La pertinence technologique, géographique et temporelle est essentielle, car elle est liée aux approvisionnements en ressources naturelles, à l'utilisation d'énergies spécifiques, etc. De même, il est souhaitable que les mesures de flux de l'Inventaire du Cycle de Vie (ICV) soient représentatives de la production moyenne des sites producteurs et non pas d'une période trop courte ou d'une sélection géographique trop restreinte. Pour délimiter l'enveloppe à considérer, il est préférable de connaître la destination du matériau et les critères de certification autorisant son utilisation.

La fiabilité

Les données doivent également présenter un caractère de fiabilité. Leur traçabilité doit être assurée et les sources utilisées mentionnées et si possible disponibles. Par ailleurs, les mesures permettant le calcul des impacts doivent être réalisées selon des procédures et un échantillonnage de la production adaptés.

3.2. La méthode proposée

La méthode envisagée dans le groupe de travail DIOGEN vise à caractériser dans un premier temps la donnée environnementale, puis à décider de son acceptabilité. Dans la mesure où les exigences de qualité d'une donnée utilisée dans un calcul d'ACV peuvent être liées au poids de cette donnée dans le résultat (appréhendé par l'analyse de gravité), cette démarche autorise l'emploi de données de qualité moindre pour des matériaux n'ayant que peu d'influence et de porter l'effort sur les postes déterminants. Pour ce faire, il est proposé d'utiliser un indice de confiance qui permettra à l'utilisateur de déterminer si la donnée disponible est utilisable ou pas. Cet indice couvrira les différents critères de jugement évoqués ci-dessus.

La caractérisation de la donnée

Suite au §3.1., on peut retenir que les critères permettant d'apprécier la qualité d'une donnée sont de deux ordres: la représentativité (géographique, temporelle, technologique) et la fiabilité (traçabilité, fidélité, justesse et précision des mesures). La norme NF EN ISO 14044 précise également les exigences de qualité des données à retenir: représentativité, facteurs temporels, géographiques et technolo-

giques, fidélité, complétude, cohérence, reproductibilité, incertitudes, sources des données.

Les bases de données environnementales utilisent en général une méthodologie permettant de qualifier la donnée considérée. La méthode utilisée par Ecoinvent s'avère particulièrement intéressante puisqu'elle intègre le caractère propre à la mesure (notamment le fait que la mesure et la donnée qui en résulte suivent une distribution) ainsi que les facteurs influant dans la distribution des résultats obtenus. Cette méthode considère que la loi de distribution des mesures et des données qui en sont issues est modélisable par une loi log normale. Ce type de loi est adapté à un contexte où les effets de plusieurs facteurs indépendants se multiplient entre eux, ce qui est le cas des processus naturels et industriels. C'est alors le logarithme de la variable qui suit une loi normale et non la variable elle-même.

La variation des résultats est caractérisée par une valeur de Standard Deviation (SD). La distribution en loi log normale permet de s'assurer que 95% des données seront incluses dans l'intervalle SD_{95}^2 autour de la valeur de plus haute probabilité (souvent utilisée comme valeur estimée). Plus SD_{95}^2 sera important, plus la dispersion des valeurs de la variable sera grande. La Standart Deviation couvre donc l'ensemble des incertitudes issues des différents facteurs influents identifiés. On peut ainsi caractériser SD par la formule suivante :

$$SD_{95} = \sigma^2 = \exp \sqrt{[\ln(E1)]^2 + [\ln(E2)]^2 + [\ln(E3)]^2 + [\ln(E4)]^2 + [\ln(E5)]^2 + [\ln(E6)]^2 + [\ln(E7)]^2}$$

Les différents E_i représentent les valeurs des exigences permettant de définir la qualité de la donnée. Les exigences retenues sont définies à partir de la matrice Ecoinvent (Pedigree) et de la norme NF EN ISO 14044.

Chacune des exigences fait l'objet d'une cotation individuelle selon des critères précis, qui reflète l'adéquation de la réponse apportée par la donnée avec l'exigence que l'on peut en attendre. Cinq niveaux de cotation sont envisagés afin de permettre la prise en compte de différents niveaux de réponses possibles. Certaines exigences sont considérées comme particulièrement importantes, notamment les frontières du périmètre évalué et la représentativité technologique (voir tableau 1).

Si l'on considère l'exigence de fiabilité (E2), on peut ainsi envisager une cotation maximale pour des données vérifiées et établies à partir de mesures, puis une cotation décroissante si les données sont établies à partir d'hypothèses ou non vérifiées, établies sur des estimations, etc.

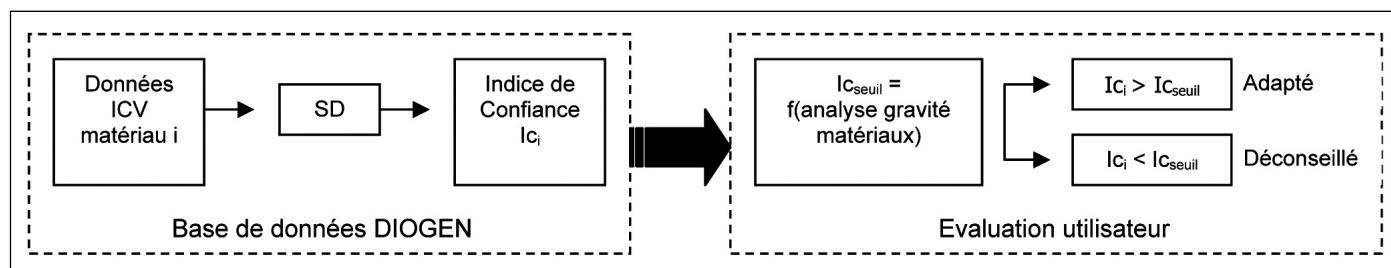
L'évaluation de la qualité de la donnée se traduit donc par un ensemble de cotations d'exigences au vu des éléments fournis par le producteur (ICV et rapport d'étude).

L'acceptabilité de la donnée

A partir d'une valeur de SD qui traduit la qualité de la donnée, on peut déduire un indice de confiance qui répondra ou pas au niveau d'exigence requis: $I_c = f(SD_{95})$.

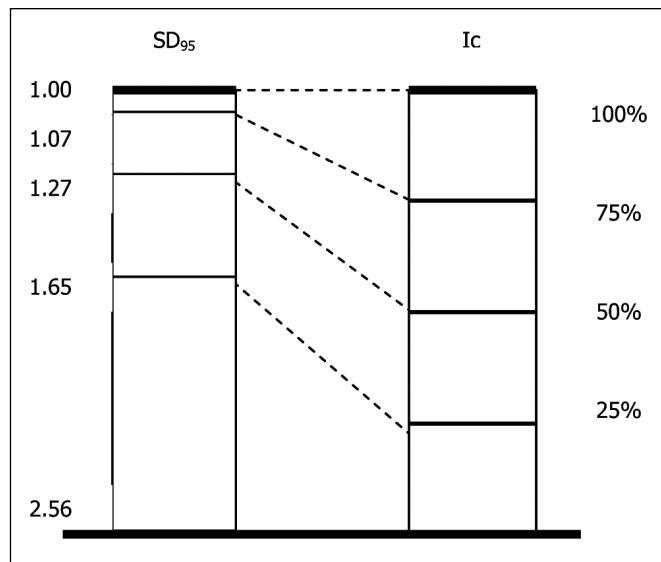
Les seuils de SD_{95} figurant dans le graphique ci-contre (figure 3) correspondent à des niveaux homogènes de cotation pour les différentes exigences. Ces seuils peuvent ensuite être transformés en indice de confiance équivalent. Les intervalles de confiance sont de 25%, alors que les intervalles de SD_{95} sont plus importants pour les valeurs les

Exigences	1	2	3	4	5	Cotation
E1: frontières du périmètre considéré	1.00	-	1.50	-	2.00	
E2: fiabilité (fidélité, reproductibilité, traçabilité, cohérence)	1.00	1.05	1.10	1.20	1.50	
E3: complétude et représentativité	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20	
E4: corrélation temporelle	1.00	1.03	1.10	1.20	1.50	
E5: corrélation géographique	1.00	1.10	1.02	-	1.10	
E6: corrélation technologique	1.00	-	1.20	1.50	2.00	
E7: échantillonnage	1.00	1.02	1.05	1.10	1.20	

Tableau 1 : Grille de cotation des exigences de qualité des données**Figure 2 : Évaluation et utilisation d'un indice de confiance**

moins fiables, ce qui accentue l'effet sélectif de la méthode.

L'indice de confiance équivalent permet alors de déterminer si la valeur est acceptable ou pas, ceci en fonction de l'importance du matériau considéré dans l'étude.

**Figure 3 : Relation SD₉₅ et Ic**

Le graphique ci-après (figure 4) illustre la démarche proposée pour l'utilisation de données assorties d'un indice de confiance. Les seuils figurant sur l'axe des abscisses et traduisant le poids des impacts environnementaux du maté-

riau considéré ne sont qu'indicatifs : ils doivent respecter la cohérence de l'étude notamment vis-à-vis des objectifs définis.

Afin d'éviter l'écueil d'une valeur seuil en deçà de laquelle la donnée est rejetée, il semble préférable de proposer une tolérance autorisant l'emploi de la valeur en l'assortissant de réserves. Ces réserves doivent alors apparaître dans le rapport de l'étude, éventuellement assorties d'un indice de confiance global.

L'introduction de la notion de « classe de données » correspondant à un intervalle de confiance peut permettre une utilisation simplifiée de l'indice Ic (tableau 2) :

Ic	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Classe 1	Usage adapté		
Classe 2	Réserves	Usage adapté	
Classe 3	Non adapté	Réserves	Usage adapté
Classe 4	Non adapté	Réserves	

Tableau 2 : Domaine d'emploi des différentes classes de données

L'utilisation de données situées en zones grises est déconseillée et doit au minimum donner lieu à des réserves. Les données de classe 4 ne peuvent être utilisées qu'en cas d'absence de données de meilleure qualité. Dans tous les cas, l'utilisation de données non adaptées doit être accompagnée d'un commentaire justifiant ce choix et détaillant

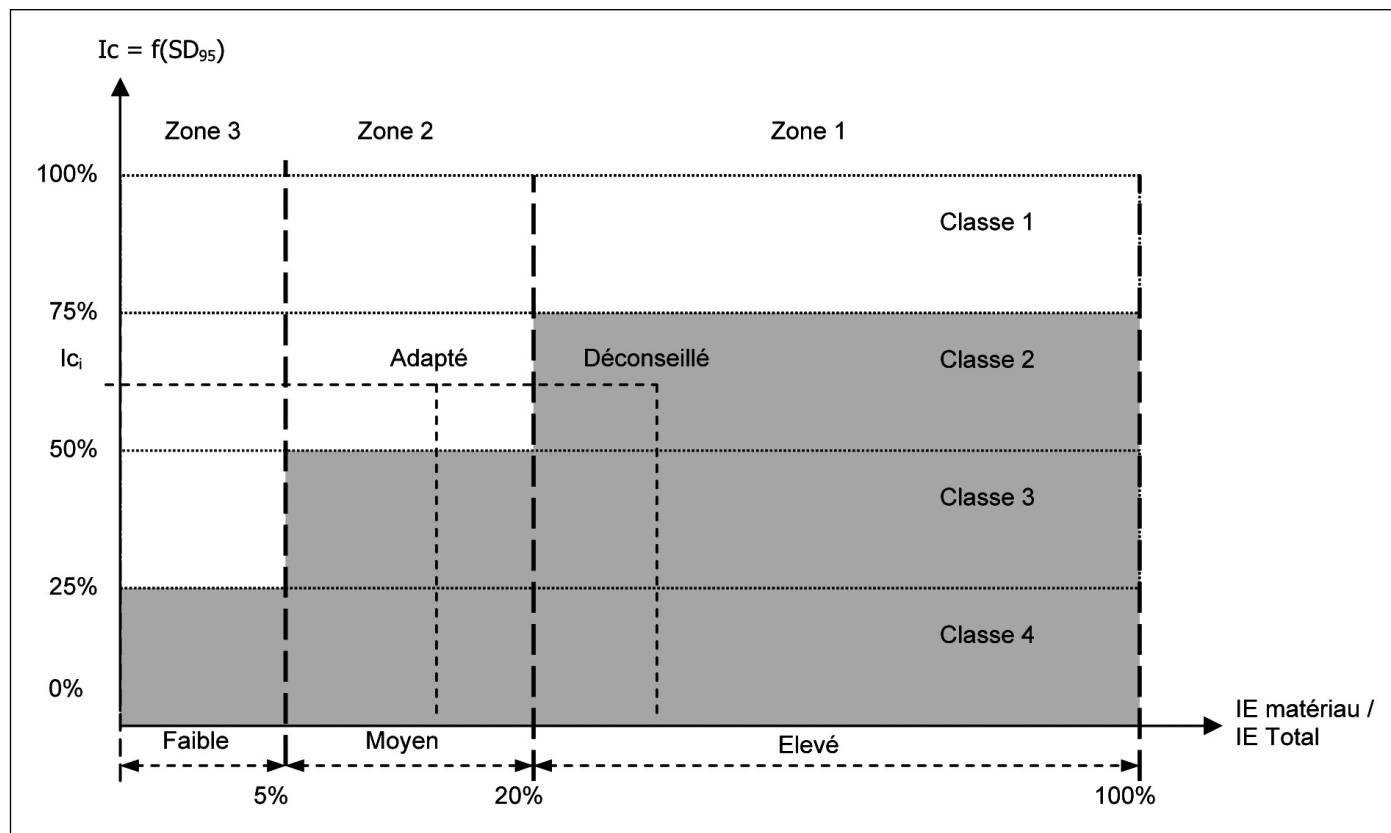


Figure 4 : Domaine d'emploi des données

les réserves qui s'imposent, ainsi que d'une étude de sensibilité vis-à-vis des résultats.

3.2.3. Extension de l'indice de confiance à l'échelle de l'étude

A l'échelle de l'évaluation d'un ouvrage, en l'absence d'incertitudes chiffrées, il peut être construit un indice de confiance relatif aux résultats obtenus, à partir des données environnementales considérées. La définition d'un tel indice reste à préciser, mais son élaboration pourrait refléter l'adéquation des données aux objectifs de l'étude ainsi que l'illustre l'exemple ci-après :

Impact « changement climatique » = 987 kg éq. CO₂ - Indice de confiance : 78-12-10

78% du résultat est issu de données adaptées (a)

12% du résultat est issu de données avec réserves (b)

10% du résultat est issu de données déconseillées (c)

Un indice global peut être calculé, sur la base de pondérations et d'une somme des différents pourcentages :

$0.01 * [10(a) + 5(b) + (c)]$ compris entre 1 et 10, avec $(a)+(b)+(c) = 100\%$, soit pour l'exemple ci-dessus $Ic_g = 8.50$.

La prise en compte des données non évaluées peut aussi être introduite par le biais d'un pourcentage (d) pondéré

par la valeur 0, ce qui étend la gamme de l'indice de confiance global de 0 à 10 dans le cas de figure envisagé (la non-évaluation d'une donnée doit être justifiée. Une valeur forfaitaire majorée peut être utilisée pour palier une absence de donnée). Une grille de lecture peut accompagner l'indice global, ainsi que le propose la figure 5.

4. RÉFLEXIONS ET PERSPECTIVES

L'établissement d'une base de données environnementale fiable est un objectif constant depuis le début des années 1970 et l'établissement des premières bases de données sur l'énergie. Les travaux de DIOGEN ne permettront donc pas d'atteindre cet idéal mais s'inscrivent dans cette recherche constante d'une plus grande fiabilité et d'une meilleure appréciation des impacts environnementaux. C'est pour cela que la démarche d'établissement d'un indice de confiance s'appuie sur les travaux préalables de la base de donnée Ecoinvent, qui est une référence internationale en terme de base de données. Cependant, le contexte spécifique du génie civil et de l'utilisation des études environnementales au sein de l'ingénierie de conception des ouvrages nécessite des adaptations au cadre

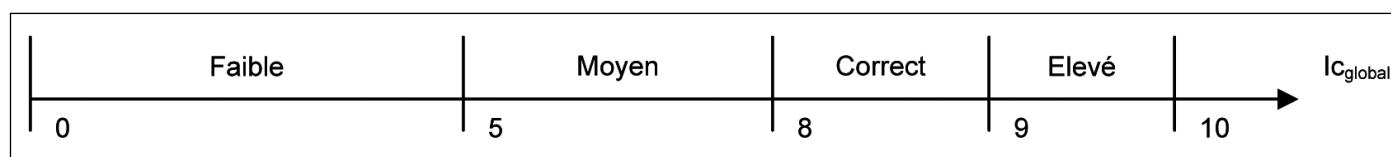


Figure 5 : Grille de lecture d'un indice de confiance global



général des sciences de l'environnement. En effet, nous sommes confrontés à deux enjeux majeurs. Le premier est que les travaux de DIOGEN puissent être utilisés par les acteurs du génie civil ce qui nécessite une adaptation des méthodes de calcul par rapport à celles utilisées par les acteurs issus des sciences de l'environnement. C'est ce que nous avons choisi de faire en retravaillant la « standard deviation » de la base Ecoinvent en « indice de confiance ». Ceci donne une réponse quantitativement moins appropriée que lorsque l'on travaille avec une « standard deviation » sur l'ensemble des valeurs de l'inventaire, mais elle permet une approche qualitative que nous jugeons, dans un premier temps, suffisante pour répondre aux objectifs immédiats qui sont de pouvoir évaluer la fiabilité d'une étude ACV. Le second enjeu est de transcrire l'esprit des méthodes de l'ACV jusque dans des points spécifiques au génie civil. Nous aborderons ici deux points importants : l'utilisation des ressources et l'affectation des impacts pour des usines produisant plusieurs produits.

4.1. L'utilisation des ressources

À l'échelle mondiale, le secteur de la construction consomme 60% des ressources naturelles extraites. La

maitrise de l'utilisation de ces ressources est donc un objectif majeur de l'ACV en génie civil. Ceci amène 2 questions. Comment quantifier l'impact de l'utilisation des ressources et comment évaluer le recyclage de ces ressources. Pour la première question, il semble à première vue que les méthodes classiques d'ACV aient déjà résolu le problème en créant un indicateur quantifiant l'épuisement des ressources non renouvelables. Cependant, une étude détaillée du calcul de cet indicateur montre que les ressources qui dominent cet indicateur sont les ressources énergétiques (pétrole, charbon, gaz...) ce qui est bien différent des ressources effectivement utilisées en génie civil (acier, graviers, terre...). L'impact de l'utilisation des ressources spécifiques au génie civil n'est donc pas bien quantifié par cet indicateur ce qui nécessite le développement d'un nouvel indicateur. Des travaux ont été engagés et ont été récemment publiés³. Le deuxième point concerne le recyclage. Cet aspect est largement traité dans les différents travaux sur l'ACV et peut se simplifier en 2 méthodes. Lorsque une matière première peut être remplacée par un déchet ou un produit en fin de vie au sein d'un process industriel (système 2, figure 6), il faut quantifier l'impact de ce recyclage. La méthode classiquement adoptée consiste à impacter le coût du recyclage ainsi que

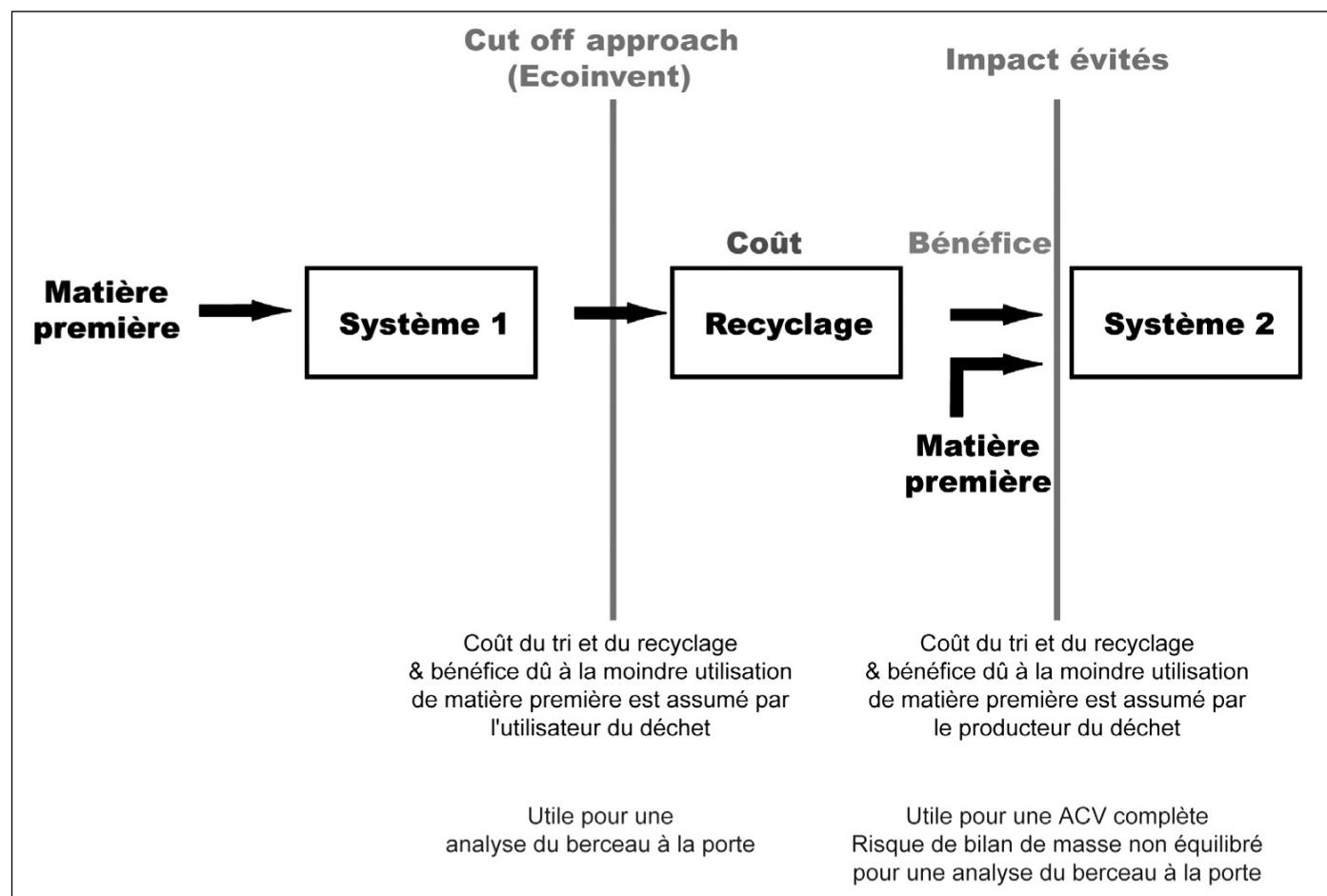


Figure 6 : Prise en compte du recyclage dans les bases de données

³ Habert et al., 2010. Development of a depletion indicator for natural resources used in concrete. *Resources, Conservation and recycling*, 54, 364-376.



le bénéfice dû à la moindre utilisation de matière première au produit qui utilise ce déchet. Ceci est utilisé dans les études cherchant à évaluer l'impact de la production d'un produit (étude du berceau à la porte et non pas du berceau à la tombe). Cette approche est celle utilisée dans la plupart des bases de données environnementales qui agglomèrent différents procédés industriels. Une deuxième possibilité est de considérer que le déchet d'un procédé industriel (système 1) permet d'éviter d'utiliser de la matière première et donc que l'impact de l'utilisation de cette matière doit être retranché de l'impact de la production du produit primaire. Cette méthode est très utile pour choisir quelle filière de recyclage est la plus efficace d'un point de vue environnemental, mais par contre si elle est utilisée au sein d'une base de donnée environnementale, le bilan de masse n'est pas respecté ce qui conduit à contruire une base de donnée non cohérente. Au sein de la base de donnée DIOGEN, l'approche utilisée dans ECOINVENT est privilégiée.

4.2. Les règles d'affectation des impacts

Un autre problème récurrent dans l'analyse de cycle de vie est de savoir comment distribuer les impacts d'un procédé industriel lorsque ce dernier produit plusieurs produits. Ce problème est récurrent car il n'existe pas de méthode idéale. Dans la norme ISO 14040 il est proposé dans ces situations d'essayer tout d'abord d'éviter d'avoir à procéder à une allocation des flux soit en découplant le système de façon à pouvoir séparer les procédés associés aux différents produits, soit en élargissant le système de façon à intégrer les différents produits dans une même étude. Ceci est cependant rarement possible lorsque l'on veut évaluer l'impact de la production d'un produit spécifique. Lorsque l'allocation est inévitable, la norme propose soit une allocation en fonction de la masse relative des différents produits, soit par une autre valeur physique ou chimique comme l'énergie et enfin si ce type d'allocation ne convient pas, la norme propose d'utiliser des valeurs non physiques, qui peuvent être économiques ou sociales. Ces règles conduisent par exemple à effectuer une allocation énergétique entre le fuel et le bitume au niveau de la raffinerie et une allocation économique entre le bois servant à faire des poutres et les branchages dégagés au moment de la coupe et servant de petit bois de chauffe. Au niveau de la construction, il reste un point non résolu au niveau des additions minérales utilisées dans le ciment. En effet, ces additions sont pour le moment considérées comme des déchets et n'ont donc pas d'impacts associés à part les procédés dus au traitement, ce qui revient à adopter l'approche cut off de la figure 6. Cependant la transposition dans la loi française de la Directive Européenne du 19 novembre 2008 sur les déchets fera que ces additions minérales (cendres volantes et laitiers) seront considérées comme des sous-produits et non plus comme des déchets. À ce moment là, l'industrie productrice de ce sous-produit sera considérée, du point de vue de l'ACV, comme produisant plusieurs produits pour lesquels il faudra répartir les impacts. Avec une allocation massique ces additions vont avoir un impact environnemental largement supérieur au ciment. Par

exemple pour l'acier, comme une tonne de fonte produite génère 250 kg de laitier, 1/5^e des impacts du haut fourneau seront affectés au laitier et 4/5^e à l'acier. Cette solution est critiquable, car on ne peut pas mettre le laitier au même niveau que l'acier. La raison d'être du haut-fourneau étant la production d'acier et non de laitier, or dans ce cas, le laitier est considéré comme un co-produit et non un sous-produit. L'autre méthode est une allocation économique basée sur les bénéfices proportionnels tirés de la vente de l'acier et du laitier. Le laitier n'étant pas vendu au même prix que l'acier, l'impact environnemental sera nettement inférieur à celui du ciment. Cette méthode est beaucoup plus juste. Son inconvénient est qu'il faut se baser sur des prix qui varient continuellement. Le pourcentage affecté au laitier est ainsi compris entre 2 et 10 % selon les prix choisis. Enfin, une dernière approche serait de considérer le système de façon plus globale. En effet la sidérurgie, l'industrie cimentaire et les centrales de production d'énergie font partie, avec l'industrie du papier et les usines de cogénération, des entreprises qui sont soumises au niveau européen au marché des émissions de carbone. Ce marché est destiné à diminuer d'un point de vue global les émissions de CO₂. Ainsi, la question est de voir quel juste poids de carbone représente l'échange de matière entre ces différentes filières industrielles.

Par exemple, en allouant une partie du CO₂ de l'acier sur le laitier, l'industrie sidérurgique diminue la quantité de CO₂ à acheter sur le marché des émissions pour une même production d'acier et par ailleurs avec une faible allocation sur le laitier, l'industrie du ciment peut produire du ciment au laitier pour un coût CO₂ largement inférieur à celui qu'elle devrait payer si ce ciment était composé uniquement de clinker. Il existe donc un compromis gagnant-gagnant pour à la fois l'industrie cimentière et celle de l'acier afin que chacun ne dépasse pas les quotas qui leur sont alloués au niveau européen et que l'objectif initial, qui est de diminuer les quantités de CO₂ émises, soit atteint. Le même type d'équilibre doit se trouver pour les cendres volantes. Cette recherche du bénéfice optimal pour les différents secteurs industriels ainsi que pour la société est schématisé dans la figure 7. Cela sera un mécanisme d'équilibrage prédominant lorsque le coût de la tonne de CO₂ sera une charge effective pour les différents secteurs industriels.

4.3. Les perspectives

Le groupe de travail DIOGEN est actuellement dans une phase de constitution de données, et de leur fiabilité. Des regroupements et des ajustements seront pratiqués en fonction des observations faites, pour aboutir à la structuration finale d'une base de données adaptée et accessible à tous.

DIOGEN s'appuie en premier lieu sur des données extérieures existantes, qu'il s'agit soit d'intégrer individuellement, soit de combiner en vue de l'obtention du produit visé. Il ne s'agit en aucun cas de faire double-emploi avec d'autres sources de données. Si une donnée figurant dans une autre base est à la fois accessible et adaptée au domaine du génie civil, DIOGEN fera tout simplement

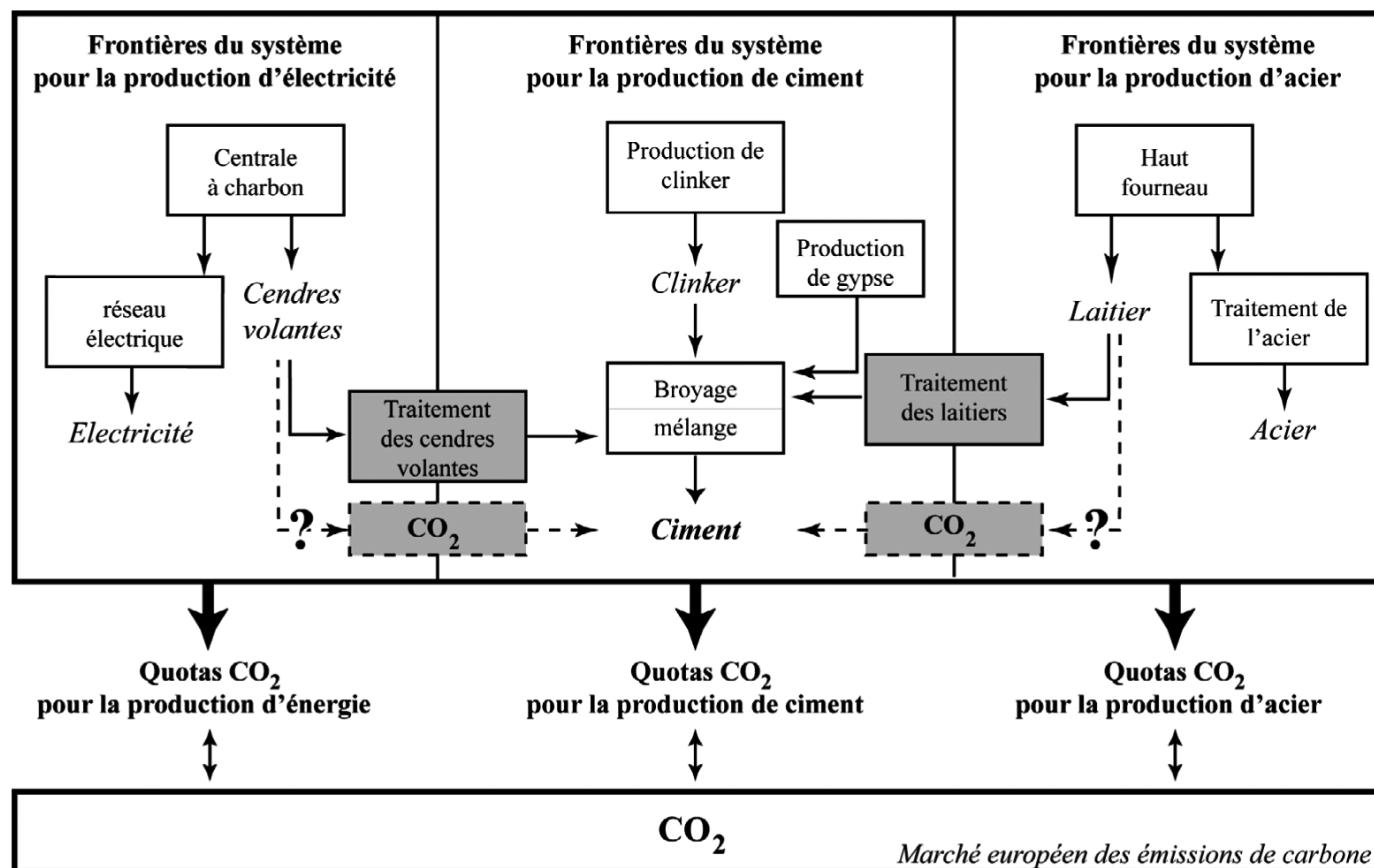


Figure 7 : Schéma des échanges de matière et de CO₂ entre les différentes filières industrielles au regard du marché européen des émissions de carbone

référence à cette base. Nous savons que tout n'est pas disponible aujourd'hui dans le domaine du génie civil. DIOGEN n'a pas pour objectif de venir combler l'ensemble des manques de données dans le domaine. Par contre, elle pourra indiquer soit les manques, soit la faible adéquation des données existantes sur tel ou tel item, attirant ainsi l'attention de tout contributeur potentiel sur le manque à combler.

La contrepartie de ces objectifs et de cette structure est que la base de données DIOGEN doit être un outil vivant, qui doit assurer à la fois sa croissance à travers les nouvelles données extérieures à prendre en compte, et sa maturité à travers la réévaluation en temps réel de la fiabilité des données qui y sont rattachées. Cette base n'est qu'un maillon de la chaîne à mobiliser. Elle pourra alimenter les outils d'évaluation, d'éco-conception et d'éco-gestion qui sont et qui pourront être élaborés par ailleurs. Elle ne constituera

cependant pas leur seule source, et de nombreuses données sont à recueillir pour intégrer les impacts des phases de chantier (à travers par exemple le groupe de travail animé actuellement par le SETRA), les impacts de gestion et de maintenance des ouvrages, ainsi que de leur fin de vie. L'exercice est d'autant plus difficile lorsqu'il s'agit d'étudier de nouvelles pratiques, de nouveaux matériaux ou de nouvelles structures. Le manque de recul impose alors de faire des hypothèses sur les modifications du cycle de vie que ces nouvelles solutions induisent, pour ne pas les considérer qu'à travers leur influence économique immédiate ou leur seul apport de résistance supplémentaire. Beaucoup de recherches restent donc encore à conduire à la fois pour disposer de données fiables tout au long du cycle de vie des ouvrages, de méthodes d'appréciation éprouvées, et de méthodes d'éco-gestion et d'éco-conception pertinentes.