

### 1. LES PERSPECTIVES DE L'ECO-INDICATEUR MARIN

Pour palier à l'absence d'indicateurs spécifiques au milieu marin, nous avons développé une méthode permettant de mieux prendre en compte les impacts d'un navire sur son milieu de prédilection : l'eau de mer. D'après les premiers tests effectués, cet éco-indicateur semble suffisamment sensible pour évaluer d'une part l'impact des substances en fonction de leur quantité émise, et d'autre part la sensibilité des zones modélisées ainsi que le temps que les navires passent dans ces mêmes zones.

Cette approche est basée sur une évaluation type ACV couplée à une prise en compte plus réaliste de la vie et de la conception des navires. Il faudrait tester plus largement cette approche pour en mesurer sa sensibilité vis-à-vis de navires ayant des modes de navigation et des conceptions totalement différentes. Une vraie étude de sensibilité (une étude statistique) permettrait de pouvoir conclure réellement quant au cadre d'étude de cet EIM, en prenant en compte non seulement les substances émises, mais aussi différents types de navires ainsi que plusieurs profils de navigation.

D'un point de vue méthodologique, il pourrait être intéressant d'appliquer la démarche sur d'autres produits ayant eux aussi des caractéristiques suffisamment typiques pour ne pas être couverts par les indicateurs existants. Le fait de proposer un indicateur spécifique à un produit permet aussi de répondre aux attentes des futurs utilisateurs en leur simplifiant l'analyse des résultats. Le fait de cibler un panel d'indicateurs caractéristiques et appropriés à un produit permet de ne pas « parasiter » les résultats avec des indicateurs inopportuns voire inadaptés et rend la lecture des impacts plus aisée.

D'un point de vue recherche scientifique, il serait judicieux et opportun d'approfondir cet éco-indicateur marin. Deux axes pourraient être améliorés :

- Les substances prises en comptes. Elles sont limitées à une soixantaine de substances, ce qui est loin de représenter l'ensemble des substances potentiellement émises vers le milieu aquatique. Dans l'idéal, il faudrait que cette liste puisse s'enrichir au fur-et-à-mesure de l'avancement des connaissances et de la caractérisation de ces substances par les laboratoires.

- Les compartiments aquatiques modélisés. Même si le panel choisi est assez représentatif des eaux européennes, il n'est pas pour autant suffisamment exhaustif pour couvrir l'ensemble de la réalité. Ceci est vrai en particulier pour les eaux exotiques, telles les eaux à récifs coralliens ou à palétuviers, ou encore pour les eaux polaires arctiques ou antarctiques. Pour étendre le champ d'application de l'OCEAN à la flotte mondiale, il faudrait que l'ensemble des types d'eaux caractérisables soit représenté.

En améliorant ainsi ces deux points, il serait possible de rendre l'EIM plus exhaustif et plus représentatif de la réalité.

## 2. LES PERSPECTIVES DE L'OCEAN

### 2.1. Un outil utilisable dès la fin de son développement

Même si l'outil développé aujourd'hui est dans sa version prototype, il a été pensé dans l'ensemble de ses fonctionnalités. C'est un démonstrateur assez évolué, qui permet de :

- Réaliser une évaluation des impacts d'un navire sur l'environnement, sur l'ensemble de son cycle de vie, et à toutes les étapes de conception.
- Réaliser une amélioration des performances environnementales d'un navire.
- Mettre à disposition une aide à la conception pour intégrer le paramètre environnemental lors de la prise de décision.

L'OCEAN prouve qu'il est possible de faire de l'éco-conception en s'appuyant sur une démarche d'ACV.

Une fois le développement informatique achevé, l'outil sera utilisable tel quel, par l'ensemble des futurs protagonistes. Les interfaces ont été pensées pour être ergonomiques et intuitives. De plus, l'utilisateur aura à sa disposition un guide d'utilisation ainsi que l'accès à des petites aides en ligne (comme un éclaircissement sur certaines fonctions, une définition...) directement via l'IHM.

Pour permettre à l'outil d'être le plus rapidement opérationnel, deux actions sont menées :

- La première, la sensibilisation du personnel à l'éco-conception, est déjà lancée. Cette démarche y est présentée comme étant la continuité et l'application de la démarche d'amélioration continue initiée avec la certification ISO 14001.
- La seconde, l'implication des fournisseurs, est déjà plus ou moins amorcée. En effet, le projet ISD (Inventaire des Substances Dangereuses ex « passeport vert ») vise à répertorier l'ensemble des substances toxiques et/ou nocives légiférées, référencées dans les directives telles que REACH (PARLEMENT-EUROPEEN, 2006c) ou RoHS (PARLEMENT-EUROPEEN, 2003d) qui sont utilisées pendant la construction des composants, présents dans ces composants, ou susceptibles d'être émis lors du démantèlement. Le but de cette collecte de données et de pouvoir lister et quantifier l'ensemble de ces substances dès la conception du navire. Un document, une sorte de « passeport vert » inventorie ces informations, et permet de les suivre tout au long de la vie du navire, en l'accompagnant jusqu'à son terme, lors du démantèlement. Dans le cadre de cette démarche, des relations ont donc été établies avec certains des fournisseurs.

## 2.2. La possibilité de localiser les impacts sur un modèle 3D

Une option a été placée dans l'outil pour saisir un code de localisation des éléments. Ce code, au même titre que la masse, est téléchargeable avec l'AP (Figure 5-1).

Saisie des données associées au système: **Le navire**

Données Générales Phase de fabrication Phase d'utilisation Phase de fin de vie

Créer un nouveau module

Nouveau Module

Dimension / Unité: Unité

Masse: 0 kg

Taux de maintenance: ?

Localisation [XYZ]:

Localisation [code]:

Valider Annuler

Figure 5-1. La possibilité de saisir un code permettant la localisation des éléments.

L'avantage en est qu'il devient alors possible de relier les résultats de l'ACV avec ces codes de localisation. Ces codes peuvent être de deux formats :

- En coordonnées spatiales (x, y, z). Elles permettent de placer les éléments sur un repère orthonormé, sans forcément avoir de « schéma » de trame du navire.
- En codes locaux, utilisés lors de la conception des navires. Chaque local est référencé grâce à sa position par rapport à la découpe en ponts et anneaux, et par rapport à la distribution bâbord / tribord. Pour placer un élément, la structure du navire doit être disponible via un logiciel de gestion 3D.

En utilisant ces codes, il devient alors possible de les coupler avec les résultats d'impact, et ainsi de visualiser leur source sur une modélisation du navire. De la même manière que le fait le logiciel SolidWorks Sustainability (SOLIDWORKS, 2010), les éléments seraient colorés en fonction de la valeur de leur impact (Figure 5-2). En rouge, il y aurait les éléments les plus impactants et en vert les plus performants. Cette visualisation pourrait se faire pour une catégorie d'impact ou pour l'ensemble des catégories d'impact, avec une cotation similaire à celle qui est utilisée pour hiérarchiser les contributeurs aux impacts environnementaux.

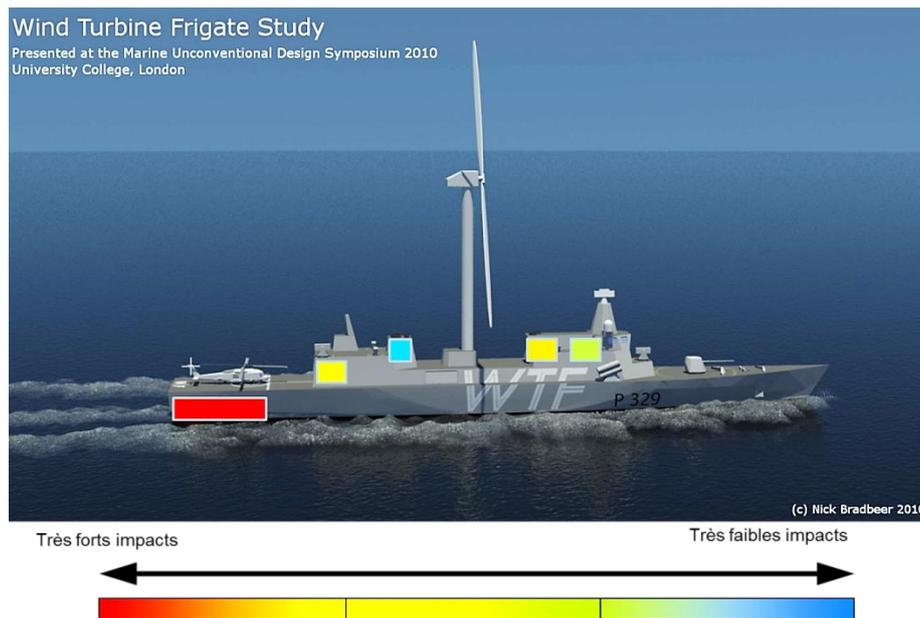


Figure 5-2. La possibilité de localiser les impacts à bord du navire grâce à l'intégration du paramètre de localisation des éléments (image : N. BRADBEER, 2010, "Wind Turbine Assisted Frigate", Marine Unconventional Design Symposium 2010, London, University College London).

Chaque zone codée serait interactive : en cliquant, l'utilisateur pourrait accéder à l'ensemble des informations liées à cette zone, telles que les données de fabrication, d'utilisation ou de FdV.

Une interface d'application ayant la forme du produit fini serait particulièrement attractive et ergonomique pour les utilisateurs.

### 2.3. La possibilité d'accompagner le navire jusqu'à son démantèlement

Un autre avantage d'une interface avec une modélisation du navire, c'est qu'il est alors possible de s'occuper plus précisément de la FdV, et d'accompagner le produit jusqu'à son démantèlement. Deux aspects sont visualisables :

- Les substances dangereuses (*Figure 5-3*) et leur répartition à travers le navire. Si cette information suit le navire tout au long de sa vie, cela permet de favoriser leur extraction en vue du démantèlement. En effet, le démantèlement ne doit se faire seulement que quand l'ensemble de ces substances ont été extraites du navire. Sans quoi, les personnes pratiquant la déconstruction s'exposent à leur nocivité (par exemple parce qu'elles sont volatilisables sous l'effet de la chaleur).

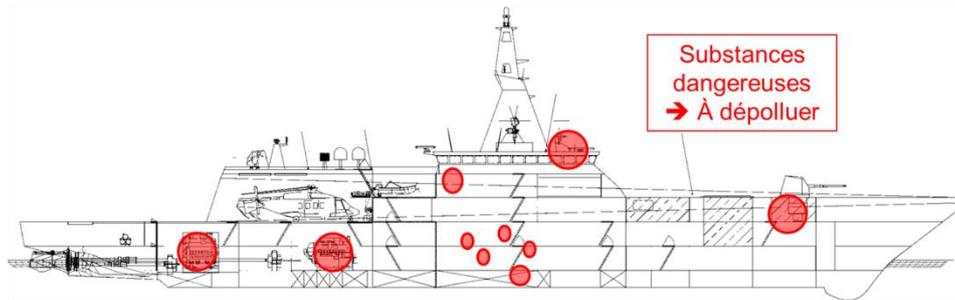


Figure 5-3. La possibilité de localiser les substances dangereuses, toxiques et / ou nocives.

– Le plan de démantèlement avec les zones préférentielles pour effectuer les découpes, les éléments à enlever en vue d’une réutilisation ou d’un recyclage en filière spécifique (Figure 5-4). En effet, chaque élément du navire ayant son propre scénario de FdV définissable, il est envisageable de coupler des données quantifiables (telles que celles concernant la FdV), avec la notion d’accessibilité, qui est une connaissance métier, pouvant être retranscrite en partie grâce à une visualisation des éléments sur un modèle virtuel.

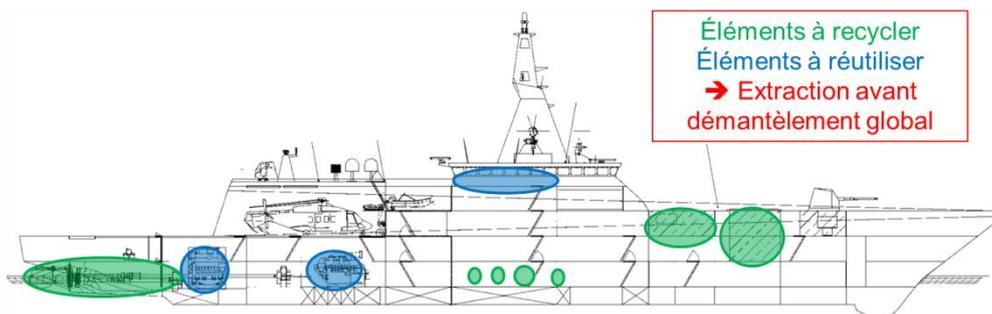


Figure 5-4. La possibilité de localiser les éléments pouvant / devant être extraits en amont du démantèlement global, en vue d’une FdV spécifique (réutilisation ou recyclage en filière spécifique).

Ainsi, si les données de fabrication peuvent suivre le navire lors de son utilisation et jusqu’à sa FdV, il est possible de largement favoriser le travail de démantèlement du navire, et en particulier, d’aider les déconstructeurs à repérer les zones potentiellement dangereuses pour eux lors de la dépollution (qui est une étape obligatoire aujourd’hui), mais aussi à sélectionner les éléments à extraire pour un éventuel recyclage ou pour une réutilisation.

Cette démarche va dans le sens de celle initiée par le « passeport vert » (tracer les substances dangereuses mises en jeu) mais elle permet d’élargir le champ d’étude sur l’ensemble des scénarii de FdV en prenant en compte la dépollution, la réutilisation et le recyclage. Et mieux prendre en compte le recyclage et les paramètres jouant en sa faveur, c’est avoir un levier de plus pour diminuer les impacts du navire sur son cycle de vie.

### 3. LES PERSPECTIVES D'APPLICATION D'UN OUTIL COMME L'OCEAN A DES PRODUITS DIFFERENTS

#### 3.1. Une démarche applicable à l'ensemble des produits complexes

Comme cela a été présenté (cf. chapitre 3), la démarche d'intégration du paramètre environnemental doit pouvoir s'appliquer à des produits aussi complexes que les navires, tels que les voitures, les trains ou encore les avions. Cela est réalisable à partir du moment où ils remplissent les conditions décrites comme étant nécessaires à l'intégration de ce paramètre. Ces conditions sont :

- L'implication des concepteurs (entre autres pour leurs connaissances métiers) et des fournisseurs (pour l'apport des briques de données)
- La disponibilité d'une arborescence produit et d'un bilan de masse associé dès l'avant-projet.

La démarche à appliquer serait exactement la même que celle qui a été utilisée avec DCNS. La différence notable porterait, de même que pour les briques technologiques, sur le fait que les briques de données contenant l'ensemble des informations nécessaires seraient spécifiques à chaque type de produit (*Figure 5-5*).



Figure 5-5. Des briques de données spécifiques à chaque type de produit, mais une démarche identique pour les mettre en place.

Chaque type de produit complexe pourrait ainsi se constituer son propre stock de briques de données spécifiques.

#### 3.2. Vers la création de stock de briques de données au format unique

En observant d'un peu plus près les briques, et sachant comment elles sont constituées, il est possible d'aller plus loin dans le raisonnement.

La création de briques de données, comme pour les fichiers de CAO, met les fournisseurs au centre de la démarche. En effet, ils détiennent les informations qui permettent de créer les briques

et de renseigner les informations concernant la phase de fabrication des éléments (*Figure 5-6*). Et cela, quelle que soit la destinée de la brique. C'est le point commun de la démarche, pour l'ensemble des produits.

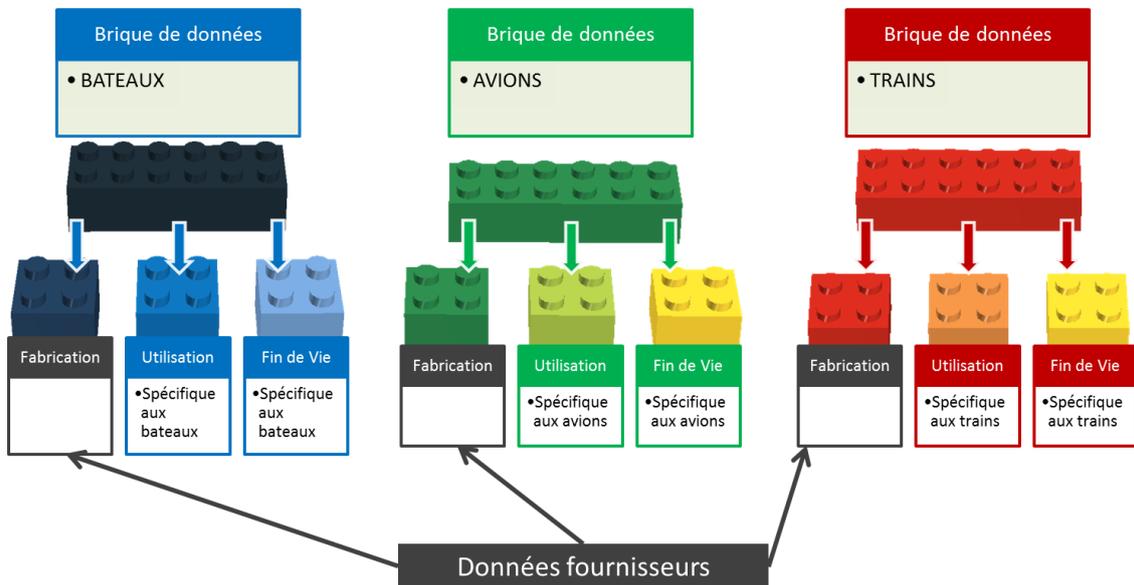


Figure 5-6. Les données concernant la phase de fabrication : des données renseignées par les fournisseurs, quelle que soit la destination de la brique.

L'unité commune pour créer des briques de données peut ainsi être simplifiée aux données concernant la fabrication de l'élément. Ceci place les fournisseurs au cœur de la démarche d'intégration du paramètre environnemental, en particulier si elle devait être intégrée plus largement, dans un plus vaste panel d'entreprises. Une même brique peut être utilisée pour et par différents produits spécifiques (*Figure 5-7*). Les données concernant la phase de fabrication de l'élément (donc l'étape se déroulant chez le fournisseur uniquement) restent les mêmes quelle qu'en soit l'utilisation ou la fin de vie du futur produit, qui elles, sont les étapes spécifiques au produit.

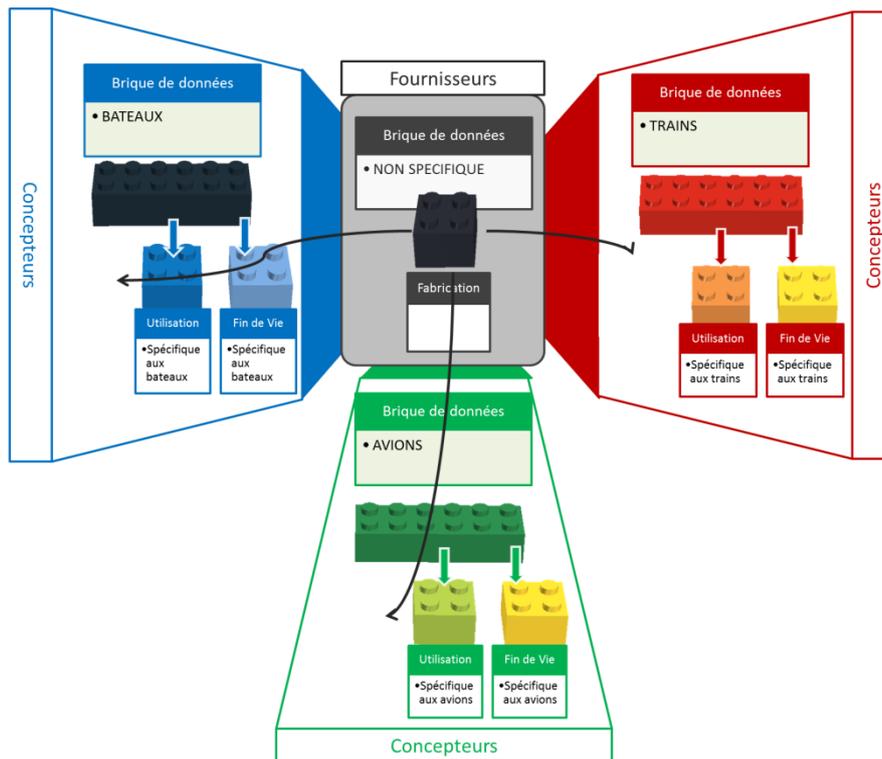


Figure 5-7. Les fournisseurs au centre de la démarche pour la création des briques de données

La démarche initiée avec les fournisseurs doit permettre de créer un stock de briques de données. Et ce stock pourrait être utilisé par l'ensemble des entreprises utilisant ces équipements. Ils détiendraient les bases permettant de construire les briques de données, et les mettraient à disposition des concepteurs (Figure 5-8).

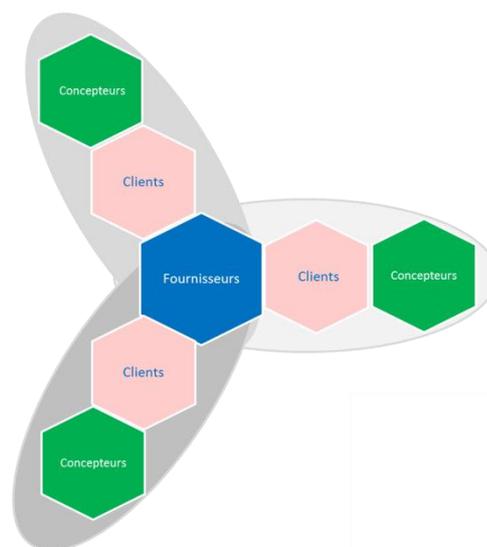


Figure 5-8. Les fournisseurs au cœur de la démarche d'intégration du paramètre environnemental dans le processus de conception.

A terme, il serait ainsi possible de créer des fichiers, tels les fichiers CAO, utilisables par toutes les équipes de conception voulant prendre en compte le paramètre environnemental lors de la conception de leurs produits, et utilisant un OEC tel que celui développé dans le cadre du projet CONVENAV. De plus, ces fichiers sont utilisables dès la phase amont, et tout au long du processus de conception.

## **4. LES PERSPECTIVES D'APPLICATION DE CETTE DEMARCHE D'INTEGRATION DU PARAMETRE ENVIRONNEMENTAL DANS UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE PRODUITS DIFFERENTS**

### **4.1. Une démarche permettant la mise en place d'un outil d'éco-conception complet**

Les fournisseurs et les concepteurs, chacun apportant un élément à la démarche, sont les pivots de l'intégration d'un OEC « complet », qui fasse aussi bien de l'évaluation environnementale que de l'amélioration du produit. Les fournisseurs en donnant l'accès aux bases de données permettent de réaliser une évaluation environnementale précise et complète. Les concepteurs, quant à eux, apportent leurs connaissances métiers, grâce auxquelles il devient alors possible d'améliorer les produits. C'est bien la synergie entre ces deux acteurs qui devient le moteur de la démarche s'appuyant sur l'outil de communication que sont les briques de données (*Figure 5-9*).

Ce sont ces deux types de protagonistes, concepteurs et fournisseurs, qui sont les seuls aptes à pousser un outil d'éco-conception vers l'outil idéal, permettant autant l'évaluation que l'amélioration environnementale des produits.

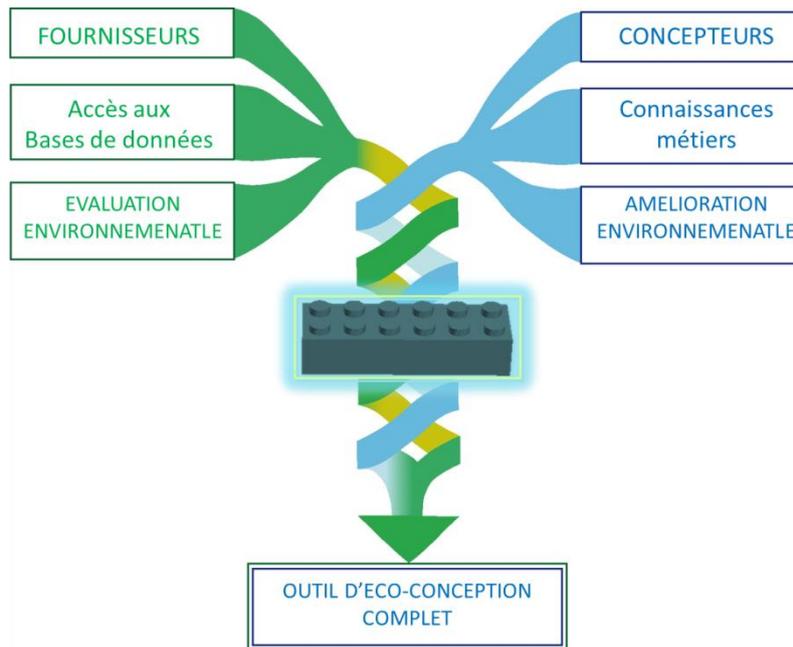


Figure 5-9. Les fournisseurs et les concepteurs, et leur apport spécifiques, pour permettre la bonne intégration et le bon fonctionnement d'un outil d'éco-conception complet.

En reprenant la figure qui caractérisait les outils d'éco-conception en fonction de leurs capacités à évaluer et à améliorer les produits, cette figure peut être précisée en y ajoutant les éléments favorisant, d'une part l'évaluation, d'autre part l'amélioration environnementale (Figure 5-10).

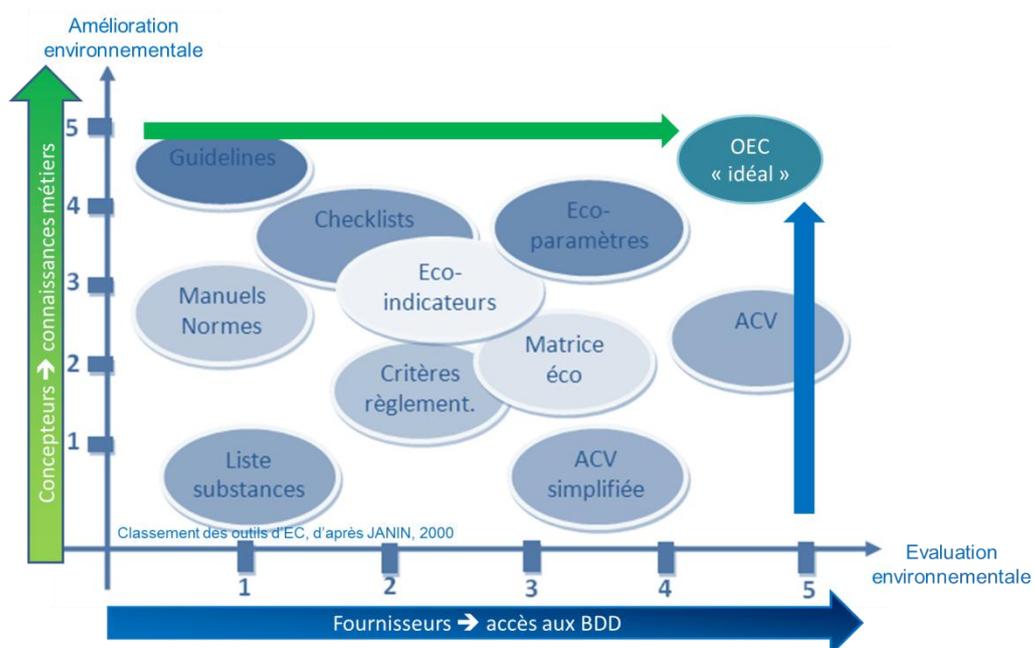


Figure 5-10. L'ensemble des paramètres permettant d'accroître les performances d'un OEC pour ses capacités à évaluer et à améliorer les produits. Modifié d'après (JANIN, 2000).

## 4.2. Des critères transposables à d'autres produits

Les conditions d'application de la méthodologie qui avaient été définis (cf. chapitre 3, 1.2) étaient :

- Un processus de conception assez long qui permet de prendre le temps de réaliser une évaluation environnementale basée sur l'ACV
- La disponibilité d'une arborescence produit associée à un bilan de masse dès l'avant-projet
- L'implication des concepteurs et de leurs connaissances métiers
- L'implication des fournisseurs mettant à disposition leurs données.

Jusqu'à présent nous avons proposé la démarche dans le cadre de produits à conception longue, pour une longue durée de commercialisation, avec un haut degré de complexité pour le produit final qui nécessite un processus de conception très structuré. En effet, le fait que le processus de conception soit assez permet de contrebalancer le temps nécessaire à la création de l'ensemble des briques de données.

Mais, à contrario, pour un produit moins complexe et à conception assez courte (de l'ordre de quelques mois), telle pour une machine à laver le linge, il y a finalement beaucoup moins de briques à prendre en compte.

Les avantages de produits ayant une durée de conception plus courte sont :

- Si le produit est moins complexe, la présence d'une AP dès l'avant-projet serait facilement envisageable et réalisable pour s'en servir dans l'outil.
- Même pour des produits moins complexes, il existe toujours de la R&D en amont et parallèle du développement.
- Les industriels fonctionnent tous en utilisant des briques technologiques, même s'ils n'utilisent pas ce terme-là. Ils ont tous aussi des contraintes à respecter en fonction d'un cahier des charges

Ainsi, on peut assez facilement imaginer que même si la durée de conception est plus courte, le concept développé pour intégrer le paramètre environnemental dans le processus de conception pourrait quand même être appliqué finalement à l'ensemble des produits. Cette méthodologie et sa bonne intégration ne dépend que de la collaboration et de la participation des fournisseurs et des concepteurs dans la démarche.