

Outils d'éco-conception

UTT ET-LIOS

Table des matières

Objectifs	3
Introduction	4
I - Outils d'évaluation environnementale	5
1. Approches quantitatives multicritères	5
2. Approches quantitatives monocritères produit	5
3. Approches semi quantitatives matricielles	6
4. Approches qualitatives	6
II - Outils d'idéation	7
III - Outils d'évaluation des concepts	10
IV - Outils de conception	11
1. Analyse fonctionnelle	11
2. Analyse Eco-fonctionnelle	12
3. Conception assistée par ordinateur (CAO).....	13
V - Outils organisationnels	14
Contenus annexes	15

Objectifs



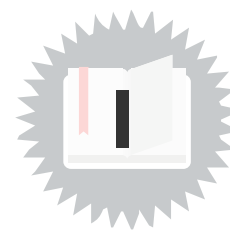
Maîtriser les outils de l'éco-conception

Introduction



Il existe de nombreux outils d'éco-conception, ci-dessous une proposition d'outils classés par catégorie

Outils d'évaluation environnementale



1. Approches quantitatives multicritères

Analyse cycle de vie

L'analyse cycle de vie est la méthode la plus reconnue et la plus robuste pour l'évaluation environnementale produit, c'est la seule méthode à avoir une norme internationale (ISO 14040 :2006¹). Elle se veut complète et exhaustive en permettant d'avoir une évaluation sur tout le cycle de vie du produit avec plusieurs critères environnementaux (changement climatique, épuisement des ressources, éco-toxicité).

Il existe plusieurs logiciels d'ACV, dont les plus utilisés sont OpenLca (gratuit, open-source) et Simapro (Payant, licence propriétaire).

Pour plus d'information, se référer au module *ACV_niv1_2h_auto*. (cf. p.15)

L'inconvénient de cet outil est son coût élevé et sa complexité qui nécessite plusieurs mois d'étude.

Analyse cycle de vie simplifiée

L'ACV peut être simplifiée en réduisant le nombre de critères environnementaux considérés ou en réduisant le champ de l'étude (le nombre d'étapes du cycle de vie).

2. Approches quantitatives monocritères produit

Ces outils offrent une vision plus simple et plus rapide de l'empreinte environnementale d'un produit en se focalisant sur un seul critère.

Empreinte carbone produit

L'empreinte carbone produit constitue la comptabilité des émissions de gaz à effet de serre émises lors de chaque étape de vie du produit et permet d'identifier l'impact du produit sur le changement climatique. Plusieurs normes existent pour réaliser un bilan carbone produit, parmi les normes les plus connues au niveau international, nous pouvons citer le greenhouse gaz protocol², L'ISO 14067³.

Empreinte eau

L'empreinte Eau produit permet d'avoir une quantification de la quantité d'eau nécessaire à tout le cycle de vie du produit, dans le but d'évaluer l'impact du produit sur les ressources en eau. Cet outil a été normalisé récemment par la norme ISO 14046 :2014⁴ qui définit les exigences méthodologiques de l'empreinte eau.

¹ <https://www.iso.org/fr/standard/37456.html>

² <https://ghgprotocol.org/>

³ <https://www.iso.org/fr/standard/71206.html>

⁴ <https://www.iso.org/standard/43263.html>

3. Approches semi quantitatives matricielles

Matrice MET

La matrice MET (materials, energy, toxicity) est un outil d'évaluation simple, qui permet d'avoir un premier aperçu des impacts environnementaux d'un produit sur tout son cycle de vie en amont de la conception. Cet outil traite de trois aspects (les matériaux, la toxicité et le contenu énergétique).

Sur chaque critère et chaque étape du cycle de vie, le concepteur est amené à inscrire les flux entrants et sortants.

Matrice MET			
	Matière (inputs et outputs)	Energie (inputs et outputs)	Toxicité (outputs)
Matériaux et composants issus des fournisseurs			
Production et autres opérations sur sites du producteur			
Distribution			
Utilisation	Usage		
	Maintenance		
	Récupération		
Fin de vie	Valorisation		

4. Approches qualitatives

ESQCV

C'est un outil qualitatif et sélectif (uniquement quelques critères), qui vise l'amélioration continue du produit au niveau environnemental. Il est similaire à une ACV, en y ajoutant une phase d'évaluation qualitative. Par rapport à une ACV L'ESQCV permet une prise de décision rapide et simple ce qui réduit les coûts et la durée de l'évaluation.

La première étape consiste à évaluer subjectivement la performance environnementale d'un produit selon une grille où on peut avoir des situations défavorables représentées par des carrés. On peut avoir des situations sans objet, c'est-à-dire que l'on considère que notre produit ne contribue pas à cet impact (ce sont les 0). On peut avoir un manque d'information (ce sont les ?) quand il n'y a pas suffisamment d'information pour estimer l'impact de notre produit. Et on peut avoir également des situations favorables (représentées par un plus).

Ensuite, les critères dont la performance est faible seront quantifiés (en termes de matières utilisées, de pollution générée) dans une approche cycle de vie.

Problèmes environnementaux	Extraction des matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Traitement en fin de vie
Pollution et déchets : quantité, toxicité	-	0	++	+	
Qualité des matériaux : matériaux quantitatifs utilisés, origine renouvelable ou non, recyclage des déchets ou non	-	-	0	?	-
Brûls, odeurs, affinité à l'hygiène	?	+	-	++	0

Appréciation par rapport à l'environnement :
 - défavorable
 0 neutre
 ++ très favorable
 ? absence de données
 0 sans objet

Listes de contrôle

Les listes de contrôles sont un outil qualitatif et multi-critères simple, qui consiste en une série de caractéristiques à « cocher », selon leur existence/absence. Ces caractéristiques peuvent être basées sur les sous-axes stratégiques de la roue de Brezet.

Liste de contrôle pour la réutilisation	Adapté au produit	Caractéristiques			Absence de données
		1: inadapte (action urgente prioritaire)	2: situation acceptable (action possible)	3: situation idéale (action non prioritaire)	
Conception modulaire	☐	☐	☐	☐	☐
Accessibilité des composants	☐	☐	☐	☐	☐
Standardisation des éléments	☐	☐	☐	☐	☐
Protection contre la corrosion	☐	☐	☐	☐	☐

Outils d'idéation



Roue de Brezet

Pour guider le processus d'idéation, l'un des outils les plus utilisés est la roue de stratégie d'éco-conception de Brezet^{BREZET, J. C., VAN HEMEL, C. Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption. Paris : PNUE, 1997.}.

Décomposé en 8 axes stratégiques d'éco-conception sur tout le cycle de vie (choix des matériaux, production, transport/logistique, usage, Fin de vie), l'outil permet de mieux cibler la créativité avec des pistes de réflexions prédéterminées. Chaque axe comporte des sous-axes stratégiques, Ci-dessous une proposition de sous-axes stratégiques par le pôle éco-conception.

1. Sélection de matériaux à faible impact

- Matériaux moins toxiques
- . Matériaux renouvelables
- . Matériaux recyclés
- . Matériaux recyclables
- . À contenu énergétique moindre
- . Naturels

2. Réduction de l'utilisation de matériaux

- . Réduction en masse
- . Réduction en volume
- . Re-design des pièces pour optimiser la fonction
- . Rationalisation / Diversité

3. Optimisation des techniques de production

Best Available Technologies (BREF)

- . Réduire les étapes de production
- . Diminuer la consommation d'énergie
- . Choisir des technologies propres
- . Réduire les déchets
- . Diminuer l'utilisation de consommables
- . Choisir des consommables moins polluants

4. Optimisation du système de distribution

Emballages réduits

Emballages adaptés

Emballages moins polluants

Emballages réutilisables / recyclables

Modes de transport

Logistique optimisée, approvisionnements locaux

5. Réduction des impacts en phase d'utilisation

Diminuer la consommation d'énergie

Utiliser de l'énergie moins polluante / renouvelable

Réduire la consommation de consommables

Consommables moins polluants

Réduire la production de déchets

Minimiser les pertes et les gaspillages

6. Optimisation de la durée de vie initiale

. Durabilité et fiabilité du produit

. Faciliter la maintenance et l'évolution

. Structure modulaire

. Penser au design (effets de mode, renouvellement)

. Renforcer le lien Produit / utilisateur

7. Optimisation du système de fin de vie

. Remise à niveau / refabrication

. Réutilisation / upcycling

. Recyclage closed-loop

. Désassemblage facilité

. Biodégradation

. Incinération moins polluante

8. Développement de nouveaux concepts

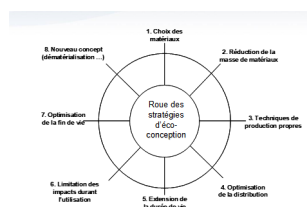
. Dématérialisation

. Utilisation partagée

. Intégration de nouvelles fonctions

. Optimisation fonctionnelle du produit

. Biomimétisme



Méso-mécanismes de stimulation de l'éco-innovation

Les MSE (méso-mécanismes de stimulation de l'éco-innovation) sont une boîte à outils inédite de 7 mécanismes favorisant le développement de nouvelles solutions éco-responsable et innovantes.

Les 7 MSE sont :

- MSE1 : innover par les parties prenantes (distribution de valeur)
- MSE2 : innover par le biomimétisme (imitation du vivant)

- MSE3 : innover par les modes de consommation soutenable (changement de comportements)
- MSE4 : innover par les Systèmes Produit Service (SPS) /économie de la fonctionnalité
- MSE5 : innover par les ressources territoriales
- MSE6 : innover par la circularité
- MSE7 : innover par les nouvelles technologies

Pour en savoir plus : Lien vers l'article.¹

Matrice 9 écrans - TRIZ

L'outil 9 écrans est issue de l'approche de création inventive « TRIZ », il permet d'analyser un produit technique selon deux axes, historique (passé, présent, futur) et systémique (macro-système, sous-système). À partir des évolutions passées, les concepteurs peuvent extrapoler l'évolution future du produit technique au niveau du macro-système et sous-système. Cela permet de dégager des idées d'évolution du produit.

Pour plus d'informations : Outil 9 écrans².

Eco-Asit

L'outil Eco-Asit est le résultat des travaux de thèse de benjamin tyl³, c'est un outil complet qui permet de réaliser un diagnostic holistique du produit sur des critères socio-environnementaux et de perception du produit par l'utilisateur. Le produit est noté sur une échelle de 1 à 5 sur chaque critère. Le diagnostic produit un diagramme « Radar » afin de visualiser la performance globale du produit.

Basé sur ce diagnostic, l'outil propose des objectifs de conception recommandés (réduction de matières premières etc..).

Afin d'aider le concepteur dans la phase d'idéation 3 outils de créativité sont proposés avec des questions ciblées(suppression, décalage, Action).

Pour en savoir plus : Lien de l'outil en ligne⁴.

¹ <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/innovation-th10/eco-conception-concepts-et-methodes-42566210/eco-innover-a-l-aide-de-meso-mecanismes-de-stimulation-d-eco-ideation-mse-ag6785/>

² <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00576034/document>

³ <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00662434/document>

⁴ <http://ecoasit.com/Diagnostic%20eco%20Conception%20ecoASIT.php>

Outils d'évaluation des concepts



Matrice Pugh

La matrice de Pugh est un outil de synthèse et de sélection de concepts, utilisée initialement dans la gestion de qualité. Elle permet de sélectionner un concept selon un score de performance établi sur plusieurs critères. Ces critères peuvent être techniques (performance technique, légèreté, capacité technique), économiques (coûts de production, d'usage) environnementaux (matériaux utilisés, recyclabilité, consommation d'énergie) ou même sociaux (relations avec les parties prenantes, création de valeur).

Il n'existe pas de matrice normée, chaque concepteur construit sa propre matrice avec ses critères, son échelle de notation et dans le cas échéant un niveau de pondération (pour différencier les critères de différentes importances).

Pour en savoir plus : Ouvrage de référence.¹

¹ S. Pugh (1981) Concept selection: a method that works.

Outils de conception



1. Analyse fonctionnelle

Definition

Selon la norme NF x50-151¹ « L'analyse fonctionnelle (AF) est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur », C'est une étape clés de tout processus de conception.

Il faut distinguer entre analyse fonctionnelle externe et interne. La première vise à décrire exhaustivement le besoin du client à travers les fonctions du produit. Elle a pour but de relier fonctions du système et besoins de l'utilisateur.

La deuxième permet de caractériser les fonctions internes du produit afin d'en améliorer les performances brutes.

Les deux approches sont complémentaires, dans le processus de conception préliminaire, l'analyse fonctionnelle externe est souvent utilisée.

Diagramme bêtes à cornes

Le diagramme bête à cornes est un outil d'analyse fonctionnelle qui permet de faire le lien entre l'utilisateur (à qui rend il le service), le produit (sa fonction) et le besoin.



Diagramme Pieuvre

Le diagramme pieuvre est la représentation visuelle du lien entre le produit et son environnement à travers ses fonctions.

On distingue entre deux types de fonctions :

- Fonctions principales ou fonction d'usage dont le but est la satisfaction du besoin de l'utilisateur.
- Fonctions contraintes

Selon la norme NFX50-151², "Une contrainte est une limitation de la liberté de choix du concepteur-réalisateur d'un produit".



¹ <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-16271/management-par-la-valeur-expression-fonctionnelle-du-besoin-et-cahier-des-c/fa164075/1322>

² <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-16271/management-par-la-valeur-expression-fonctionnelle-du-besoin-et-cahier-des-c/fa164075/1322>

2. Analyse Eco-fonctionnelle

Description

L'analyse éco-fonctionnelle est une méthode d'éco-conception préliminaire combinant l'analyse fonctionnelle avec les impacts environnementaux sur tout le cycle de vie.

Le produit de référence est analysé par composants, l'objectif est d'identifier les paramètres clés à optimiser pour réduire les impacts environnementaux du produit.

1. Identification des composants

La première étape consiste à identifier les composants du produit/système. Un composant est un sous-système contribuant à la finalité du système global.

	Nom	Description	Catégorie
C1	Circuit imprimé 1		Electronique
C2	Circuit intégré		Electronique
C3	Fil de connexion		Electronique
C4	Ecran cristaux liquide		Ecran
C5	Coque moulée plastique		Boitier
C6	Composant en caoutchouc		Boitier
C7	Composant métallique		Boitier
C8	Circuit imprimé 2		Batterie
C9	Composant plastique		Batterie
C10	Batterie		Batterie
C11	Coque plastique		Emballage
C12	Boite carton		Suremballage



2. Identification et hiérarchisation des fonctions

Ensuite, il s'agit de définir les fonctions du système et de les prioriser selon une échelle d'importance de 0 à 2, 2 signifiant une fonction essentielle à la finalité du produit, 1 une fonction secondaire, 0 une fonction annexe. Les fonctions peuvent être reprises du diagramme pieuvre.

Inventaire des fonctions		
Nom	Description	Importance
F1	Transformer des ondes radio-téléphoniques en ondes sonores et réciproquement	2
F2	Enregistrer des impulsions du doigt de l'utilisateur	1
F3	Diffuser la voix du correspondant	1
F4	Visualiser les paramètres d'appel	1
F5	Recevoir/capter les ondes téléphoniques	1
F6	Respecter la réglementation	1
F7	Protection du produit	1
F8	Plaire à l'utilisateur	1

3. Interaction composants/cycle de vie

Une fois les fonctions identifiées et hiérarchisées, la prochaine étape est de décrire la contribution de chaque composant aux différentes étapes du cycle de vie du produit. Une matrice composants/étapes du cycle de vie est construite, chaque composant est mis en lien avec le cycle de vie du produit avec une légende descriptive de la contribution. (voir exemple ci-dessous)

		P1	P2	P3	P4	
		Production des composants + Assemblage	Transport	Utilisation	Fin de vie	
C1	Electronique (circuits imprimés)	1	2	3		
C2	Ecran	1	2	3	5	
C3	Boitier	4	2		5	
C4	Batterie	1	2	3	5	
C5	Boîte carton	4	2		5	
C6	Coque plastique		4	2		5

1Le type de batterie et de composants électroniques et écran influencent sur le procédé de fabrication mis en jeu

2La masse du composant (changement de matériaux, optimisation du poids) influence sur le transport

3Le type de batterie, composants électroniques, écran influencent au niveau des performances réalisées lors de l'utilisation

4Le type de matériaux des composants du boitier et emballage influencent leurs procédés de fabrication

5Le type de matériaux des composants influence leurs scénarios de fin de vie

4. Matrice fonctions/composants

Il s'agit ici de décrire la contribution de chaque composant aux fonctions du produit.

Composants		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fonctions		Electronique	écran	Bolier	Batterie	Boite carton	Couque plastique
F1	Transformer des ondes radio-téléphoniques en ondes sonores et réciproquement	++	0	0	+	0	0
F2	Enregistrer des impulsions du doigt de l'utilisateur	++	0	++	0	0	0
F3	Diffuser la voix du correspondant	++	0	+	0	0	0
F4	Visualiser les paramètres d'appel	0	++	0	0	0	0
F5	Recevoir/capter les ondes téléphoniques	0	0	0	++	0	0
F6	Respecter la réglementation	++	++	0	++	0	0
F7	Protection du produit	0	0	++	0	++	+
F8	Plaire à l'utilisateur	0	0	++	0	+	0

Description de l'échelle de quantification des fonctions

+

 contribution à la fonction

++

 contribution essentielle à la fonction

0

 pas de contribution à la fonction

-

 dégradation de la fonction

5. Matrice final F-C-IE

Le résultat final est la matrice présentée ci-dessous.

Cette matrice combine les impacts environnementaux de chaque composant avec leur contribution aux fonctions, elle permet de savoir en un seul visuel, les composants les plus impactants et leur criticité face aux fonctions du système. Les composants les moins critiques, c'est-à-dire contribuant aux fonctions les moins significatives **ET** ayant des impacts environnementaux élevés sont à optimiser en priorité. De l'autre côté, les fonctions les moins significatives induisant un impact élevé peuvent être supprimées ou repensées.

Comp osants		Electronique	écran	Bolier	Batterie	Emballage	Suremball age	Consommati on élec
Nom du produit : Shampoing	Score							
Listes des fonctions								
Transformer des ondes radio-téléphoniques en ondes sonores et réciproquement	2	++	0	0	+		0	++
Enregistrer des impulsions du doigt de l'utilisateur	1	++	0	++	0	0	0	+
Diffuser la voix du correspondant	1	++	0	+	0	0	0	+
Visualiser les paramètres d'appel	1	0	++	0	0	0	0	
Recevoir/capter les ondes téléphoniques	1	0	0	0	++	0	0	++
Respecter la réglementation	1	++	++	0	++	0	0	0
Protection du produit	1	0	0	++	0	++	+	0
Plaire à l'utilisateur	0	0	0	++	0	+	0	0
Changement climatique	5,34E+01	2,35E+00	1,21E+00	2,99E+01	1,42E+00	3,36E+00	8,33E+00	
Santé humaine	5,68E+01	1,24E+00	4,93E-01	3,25E+01	9,40E-01	2,14E+00	5,91E+00	
Ressources	5,95E+01	1,36E+00	9,41E-01	2,08E+01	1,49E+00	4,28E+00	1,17E+01	

3. Conception assistée par ordinateur (CAO)

La conception assistée par ordinateur permet d'élaborer des modèles 2D/3D du produit final et de les tester via des simulations mécaniques et thermiques. Il existe de nombreux outils de CAO dont les plus célèbres : Catia¹, Solidworks².

Par ailleurs, pour faciliter l'éco-conception, solidworks permet l'intégration des données d'analyse de cycle de vie.

Pour en savoir plus : Solidworks sustainability³.

¹ <https://www.3ds.com/fr/produits-et-services/catia/>

² <https://www.solidworks.com/>

³ <https://www.solidworks.com/fr/solutions/sustainability>

Outils organisationnels



Diagramme de Gantt

Diagramme de Pert

Contenus annexes



1. Définition de l'ACV

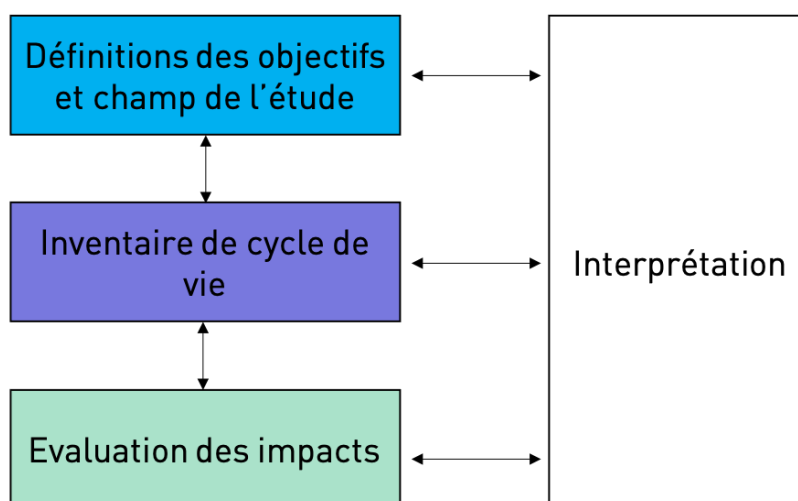
a) Définition



L'analyse du cycle de vie est définie comme une « *compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie* » ISO 14040-44:2006.

b) 4 étapes à suivre

La démarche d'une analyse du cycle de vie doit suivre 4 étapes.



i) Etape 1 : Définitions des objectifs et champ de l'étude

Cette étape est fondamentale car elle permet d'explicitier les hypothèses prises. Ceci permettra l'interprétation des résultats et renforcera leurs crédibilités ainsi que leurs sincérités.

Il s'agit de répondre à un certains nombres de questions : Quels sont les objectifs de l'ACV ? Quels sont les produits étudiés ? Quels sont les indicateurs environnementaux pris en compte ? Etc...

ii) Etape 2 : Inventaire de cycle de vie

Cette étape vise à quantifier l'ensemble des flux de matière et d'énergie entrants et sortants du système analysé.

iii) Etape 3 : Evaluation des impacts

Cette étape consiste à traduire les flux élémentaires, précédemment inventoriés, en impacts environnementaux quantifiables.

iv) Etape 4 : Interprétation

Il s'agit, d'une part, d'interpréter les résultats de l'analyse du cycle de vie selon ses objectifs et selon les hypothèses de l'étude. Et d'autre part, d'interpréter chaque étape selon les résultats de l'ACV.

c) Textes de référence

L'analyse du cycle de vie est une méthode normée par une série de norme ISO de 14040 à 14044.

L'ACV peut aussi être encadrée par des textes comme le « *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment* » éditée par l'Union européenne. Ils donnent un cadre méthodologique pour leurs réalisations : règles de coupures, prise en compte des aspects de co-produits etc...

d) Histoire

Bien que les premières évaluations environnementales remontent aux années 70, la reconnaissance scientifique de l'ACV date des années 90 et la dernière norme ISO de 2006.