

**Moteur à induction d'une puissance de 15 kW - l'impact de l'augmentation du rendement varie selon le type de production électrique**

**Septembre 2007**

Par Sergio Ferreira<sup>1</sup>  
Email : [saf@eurocopper.org](mailto:saf@eurocopper.org)

Cet éco-profil a été rédigé par Leonardo ENERGY<sup>2</sup> dans le cadre du projet « Efficacité et éco-conception », dont le but est de démontrer et de quantifier les bénéfices environnementaux liés à l'utilisation d'équipements électriques à haut rendement.

L'objectif de cette étude de cas est d'analyser les impacts liés à l'augmentation du rendement d'un moteur à induction d'une puissance de 15 kW dans différents pays et selon différents types de production d'énergie.

Les résultats obtenus montrent que l'augmentation du rendement a des impacts environnementaux plus importants dans les pays dont la production énergétique est basée sur les énergies fossiles plutôt que sur les énergies renouvelables ou nucléaires.

Cette étude utilise les modèles de l'outil d'éco-conception Toolbox développé par l'ECI.

## **1. Description produit et applications types**

L'étude suivante propose d'aborder les considérations environnementales « produits » pour deux types de moteurs d'entraînement électriques basse tension d'une puissance de 15 kW, dédiés à des applications types telles que : le pompage d'eau, l'air comprimé ou la ventilation. Les deux conceptions étudiées correspondent aux classes de rendement Eff1 et Eff2.

---

<sup>1</sup> ECI

<sup>2</sup> Leonardo Energy est la dénomination du programme portant sur l'électricité et la gestion de l'énergie à l'ECI

## 2. Objectif de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie)

Les grandeurs de référence pour l'ACV sont la phase de production, la phase d'utilisation de l'ACV et la phase de fin de vie. Toutes les données ACV proviennent de la base de données GaBi4 [GABI]. La modélisation ainsi que le choix des données, et notamment l'aspect qualité des données, ont été réalisés, dans la mesure du possible, conformément à la norme ISO 14040.

### 2.1 Fabrication

La phase de fabrication prend en compte les principaux matériaux, voir tableau 1.

Matériaux	Moteur Eff 2	Moteur Eff 1
Aluminium	3,1	3,3
Cuivre	8,3	10,3
Acier aux propriétés électriques	72,4	104

Tableau 1: répartition des matériaux pour deux types de moteurs (en kg) [save, 1999]

### 2.2 Phase d'utilisation

Pour la phase d'utilisation, les mix de production d'électricité suivant ont été utilisés : UE25, France (principalement Nucléaire), Allemagne (Nucléaire, Gaz et Charbon) et Pologne (principalement Charbon). Les différents mix sont décrits dans le tableau 2 ci-dessous.

	UE 25	France	Allemagne	Pologne	Autriche
Houille	21,14	4,57	23,13	56,63	11,40
Lignite	9,43	0	26,99	37,10	1,65
Nucléaire	32,19	79,44	28,56	0	0
Pétrole	4,66	1,04	1,73	1,66	3,00
Gaz Naturel	19,66	3,25	10,51	2,08	18,10
Hydraulique	11,01	11,59	4,76	2,44	64,32
Eolien	1,91	0,10	4,32	0,09	1,53

Tableau 2 : type de production électrique des différents pays (exprimé en % des sources d'énergie)

Les pertes sont calculées en tant qu'impacts environnementaux selon les paramètres suivants :

<b>Paramètres</b>	<b>Eff 2</b>	<b>Eff 1</b>
Puissance (kW)	15	15
$\eta$ (%)	89,4	91,8
Durée de vie (années)	20	20
Taux de charge (%)	50	50
Nombre d'heures de fonctionnement (par an)	6 000	6 000

**Tableau 3 : profil de charge pour les deux types de moteur**

La puissance mécanique disponible sur l'arbre est considérée comme étant la puissance utile apportée au système d'entraînement (compresseur, ventilateur, pompe, etc.).

## **2.3 Fin de vie**

La fin de vie est définie comme le rapport de la quantité de matériaux démantelée à des fins de recyclage [kg], à la quantité de matériaux broyée à des fins de recyclage [kg].

Les tonnages de matériaux recyclés sont comptés comme des crédits environnementaux.

## **3. Résultats**

### **3.1 Résultats des simulations**

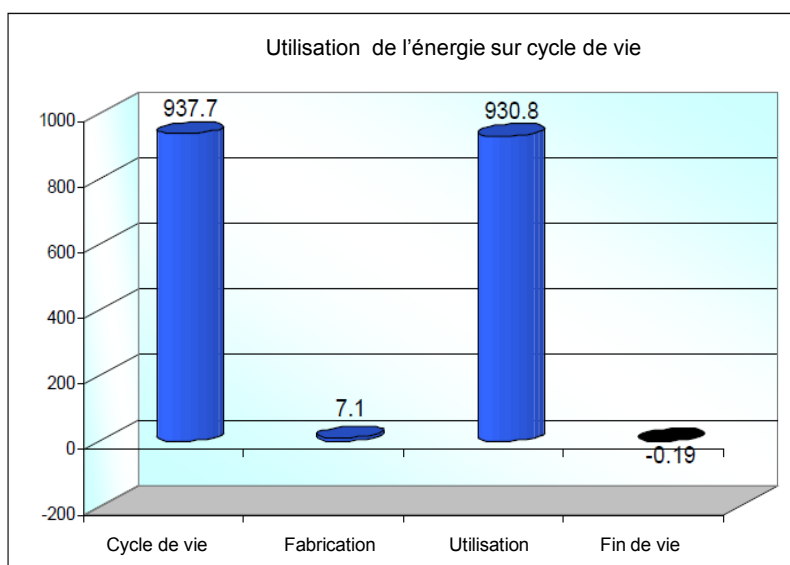
Le tableau ci-après regroupe les résultats obtenus à l'outil de simulation de l'ACV pour les deux types de moteurs selon les types de production d'énergie électrique des 4 pays précédemment cités.

Paramètres	Unités	EU 25		France		Allemagne		Pologne		Autriche	
		Eff 2	Eff 1	Eff 2	Eff 1	Eff 2	Eff 1	Eff 2	Eff 1	Eff 2	Eff 1
Consommation en énergies primaires (non renouvelables)	GJ	1 267,8	937,7	1 525,5	1 127	1 289,8	953,3	1 259,7	931,1	433,4	322,7
Consommation en énergies primaires (renouvelables)	GJ	76,7	57,3	67,9	50,7	60,1	44,9	16,5	12,7	366,7	270,9
Dioxyde de carbone	Kg	59 041	43 717	12 395	9 302	75 210	55 598	122 160	90 198	33 993	25 256
Oxydes d'azote	Kg	105,9	78,4	23	17,2	134,2	99,2	243,3	179,6	55,6	41,3
Dioxyde de soufre	Kg	246,7	182,3	41,6	30,9	429,3	316,8	694,9	512,5	98,6	73,1
Potentiel d'acidification	eq kg SO <sub>2</sub>	321,8	237,9	58,1	43,3	524,5	387,1	867,1	639,6	138	102,4
Potentiel d'eutrophisation	eq Kg phosphate	16,9	12,6	4,05	3,02	20,3	15	35,7	26,4	9,4	6,97
Potentiel de réchauffement planétaire (100 ans)	eq kg CO <sub>2</sub>	63 519	47 066	13 371	10 327	79 437	58 753	129 960	95 993	36 794	27 369
Potentiel de dégradation de la couche d'ozone	eq kg R11	0,015	0,011	0,037	0,027	0,014	0,009	0,00024	0,00019	0,00009	0,00009
Potentiel de création photochimique d'ozone	eq kg éthylène	19,4	14,4	3,8	2,9	29,1	21,5	48	35,5	9,14	6,83

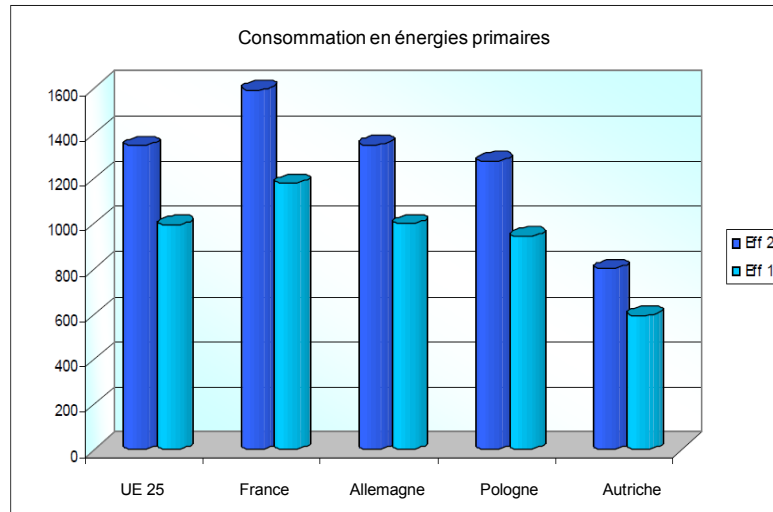
**Tableau 4 : résultats de la simulation incluant les catégories d'impact (CML 2001) par cycle de vie pour les deux types de moteurs**

L'outil de simulation répartit les impacts par cycle de vie (fabrication, utilisation et fin de vie). Il apparaît que plus de 90 % des impacts environnementaux sur l'ensemble de la durée de vie d'un moteur correspondent à la phase d'utilisation.

Il en résulte donc que la phase d'utilisation, et plus précisément la consommation d'énergie électrique, domine très largement les impacts sur le cycle de durée de vie (voir figure 1) (le recyclage des matériaux à la fin de la durée de vie est compté comme un crédit). Les estimations précises de la durée de vie, du niveau de charge et du rendement sont donc très importantes.



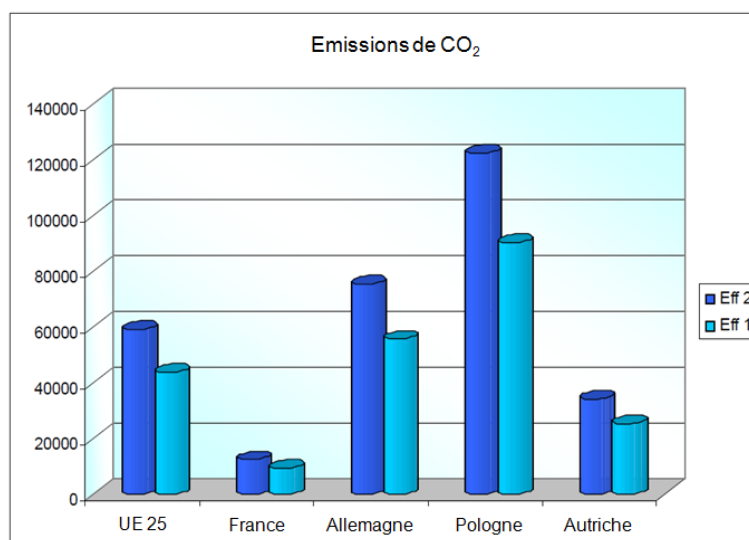
**Figure 1 : utilisation de l'énergie sur le cycle de vie**



**Figure 2 : consommation en énergies primaires (GJ) pendant la durée de vie de deux types de moteurs**

La figure 2 représente la consommation moyenne d'électricité sur la durée de vie d'un moteur standard (Eff 2) comparativement à un moteur à haut rendement (Eff 1). On note l'influence sur le rendement du mode de production d'énergie ; l'Autriche, (avec 60 % d'énergie d'origine hydraulique), utilise moins d'énergie primaire comparativement à la France (avec 70 % d'énergie d'origine nucléaire). L'Allemagne et la Pologne (houille et gaz) ont des résultats similaires.

La figure 3 montre que les émissions de CO<sub>2</sub> diminuent proportionnellement aux consommations électriques (Eff 1 comparé à Eff 2). Toutefois, l'ordre de grandeur des émissions de CO<sub>2</sub> varie fortement de pays à pays. Ce phénomène est dû aux différentes sources d'énergies primaires à l'origine de la production d'électricité.



**Figure 3 : émissions de Co<sub>2</sub> (kg) sur la durée de vie de deux types de moteurs**

La France (énergie nucléaire) et l’Autriche (énergie hydraulique) ont les plus faibles émissions de CO<sub>2</sub>. Les modes de production d’énergie à base de charbon ont des niveaux d’émission de CO<sub>2</sub> plus élevés. C’est le cas pour l’Allemagne (23 % houille et 27 % lignite) et pour la Pologne (56 % houille et 37 % lignite).

La performance environnementale associée à l’ajout de cuivre pour améliorer le rendement des moteurs peut être calculée en mettant en œuvre la méthode de calcul ‘1’ telle que décrite dans le document [PE Europe, 2005]

Le tableau suivant présente les économies de CO<sub>2</sub> (nettes et par kilo de cuivre), en prenant en compte le fait que l’augmentation du rendement d’un moteur de 15 kW du niveau Eff2 au niveau Eff1 implique l’ajout de 2 kg de cuivre.

	EU 25	France	Allemagne	Pologne	Autriche
Emissions réduites de CO <sub>2</sub>	15 324	3 093	19 612	31 962	8 737
Emissions réduites de CO <sub>2</sub> par kg de Cuivre	7 662	1 546,5	9 806	15 981	4 368,5

**Tableau 5 : émissions réduites de CO<sub>2</sub> en kg par type de moteur en augmentant le rendement**

L’augmentation du poids de cuivre permet une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> variable selon les pays et leurs types de production d’énergie électrique. Avec comme contrainte le fait que la production de 1 kg de cuivre (pour les applications électriques) s’accompagne de 3 kg d’émissions de CO<sub>2</sub>, [Cuivre, 2006], l’impact positif sur l’environnement est significatif.

En Pologne, l’ajout de 1 kg de cuivre pour l’amélioration du rendement d’un moteur peut être à l’origine d’une économie de plus de 15 tonnes d’émission de CO<sub>2</sub>. De plus, ces bénéfices environnementaux sont immédiatement consolidés car à la fin de vie du moteur, le cuivre peut être recyclé à 100 % vers une autre application tout en bénéficiant des mêmes propriétés.

#### 4. Références

[Cuivre, 2006] ECI, informations à jour concernant les cycles de vie sur le site internet du centre d’information du cuivre [www.copper-life-cycle.org](http://www.copper-life-cycle.org)

[GABI] les outils et modèles ont été mis à disposition par PE Europe, Hauptstrasse 111-113, D-70771 Leinfelden-Echterdingen (Stuttgart), Allemagne, [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)

[VHK] Preparatory Study on Ecodesign of CH Boilers for the European Commission, VHK – Van Holsteijn en Kemma BV, Delft, Pays-Bas

[Leonardo ENERGY, 2007] Is electrical heating making a come back? Par Hans de Keulenaer, disponible sur le site internet [www.leonardo-energy.org](http://www.leonardo-energy.org)

[Toolbox, 2005] Les informations originales de ce document sont tirées des résultats du rapport GABI4 en référence à l'outil d'éco-conception Toolbox 2005 (pour plus d'informations, contactez Sergio Ferreira, email [saf@eurocopper.org](mailto:saf@eurocopper.org))

[GIFAM] Livre Blanc, Les appareils de chauffage et chauffe-eau électriques, 2004

[KUL] Eindrapport GBOU-EL2EP Project – Deel 3b : Optimalisatie per systeem, Katholieke Universiteit Leuven 2007