

Amélioration des caténaires DC sur le réseau ferroviaire

Juin 2006

Par Hans de Keulenaer¹
Email : hdk@eurocopper.org

Cet éco-profil a été rédigé par Leonardo ENERGY² 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.

1. Description produit et applications types

L'étude suivante propose les considérations environnementales pour l'amélioration des caténaires 1,5 kV DC du réseau ferroviaire aux Pays-Bas. Trois différents dimensionnements de l'alimentation des motrices ont été réalisés, avec un rendement amélioré. Une étude d'ingénierie détaillée s'appuyant sur une ligne ferroviaire réelle a évalué l'impact sur les économies d'énergie en tenant compte des horaires quotidiens, de la restitution d'énergie au freinage et de l'impact d'une amélioration de la fourniture de la tension sur la consommation d'énergie [Groeman, 2000, Groeman, 2001]. Toutes les données ont été normalisées pour un km de ligne, afin de pouvoir les extrapoler à d'autres lignes et systèmes DC.

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 de trois différents dimensionnements d'un kilomètre de ligne ferroviaire.

¹ ECI

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

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

Dans ce cas, la phase de fabrication utilise les quantités suivantes de cuivre par km pour trois dimensionnements possibles :

Matériaux	500 mm ²	800 mm ²	1 000 mm ²
Cuivre	4 450	7 120	8 900

Tableau 1: quantité de matériaux pour les trois dimensionnements de ligne

2.2 Phase d'utilisation

Pour la phase d'utilisation, le type de production européen a été pris en compte (UE 15). Les pertes en lignes sont calculées en termes d'impact environnemental comme proposé dans [Groeman, 2001], et comptabilisées en valeur absolue (MWh sur la durée de vie).

Matériaux	500 mm ²	800 mm ²	1 000 mm ²
Pertes	1 346	858	646

Tableau 2 : profil d'utilisation pour les trois dimensionnements de ligne

L'énergie électrique fournie au train est considérée comme l'énergie utile pour les besoins du train (par conséquent, l'impact environnemental de l'énergie fournie ne concerne pas la caténaire).

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 des simulations

3.1 Inventaire/résumé

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus classés par catégories au stade de l'inventaire : utilisation des ressources, émissions et déchets.

Paramètres	Unité	500 mm ²	800 mm ²	1 000 mm ²
Consommation en énergie primaire	GJ	14 817	9 594	7 350
Pétrole brut (ressources)	tonne	23	15	11
Houille (ressources)	tonne	114	74	56
Lignite (ressources)	tonne	164	107	82
Gaz Naturel (ressources)	tonne	57	37	28
Déchets	kg	147	96	74
Dioxyde de Carbone	kg	672 740	436 460	334 910
Oxydes d'azote	kg	1 345	869	665
Dioxyde de soufre	kg	2 386	1 548	1 188

Tableau 3 : résultats fournis par l'outil de simulation pour les trois dimensionnements de ligne

3.2 Analyse d'impact environnemental

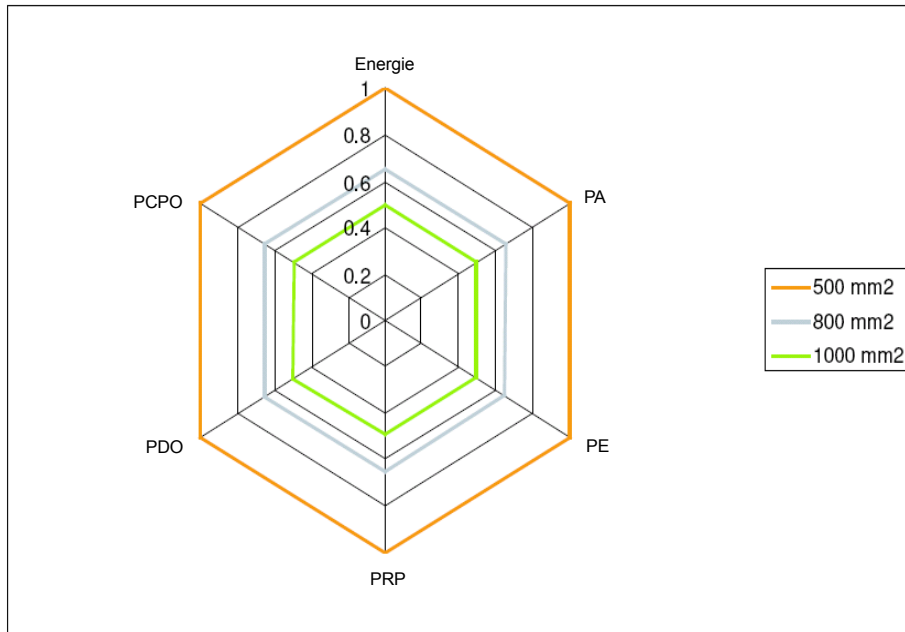
Le tableau ci-dessous liste les impacts environnementaux pour la durée de vie des trois dimensionnements, selon les cinq principales catégories d'impacts environnementaux :

Catégories d'impact	Unité	500 mm ²	800 mm ²	1 000 m ²
Potentiel d'acidification	eq kg SO ₂	3 465	2 246	1 722
Potentiel d'eutrophisation	eq kg phosphate	252	163	124
Potentiel de réchauffement planétaire (100 ans)	eq tonne CO ₂	708 990	459 970	352 950
Potentiel de dégradation de la couche d'ozone	eq kg R11	0,20	0,13	0,10
Potentiel de création photochimique d'ozone	eq kg éthylène	262	170	130

Tableau 4 : catégories d'impact (CML 2001) par cycle de vie

L'outil de simulation répartit les impacts selon les phases du cycle de vie, mettant en évidence que près de 99 % de l'impact environnemental sur le cycle de vie a lieu lors de la phase d'utilisation pour le dimensionnement à 500 mm². Ce chiffre se limite à 95 % pour le dimensionnement à 1 000 mm² car, du fait de l'amélioration du rendement, la phase de fabrication devient relativement plus importante. La phase d'utilisation est prédominante sur l'impact au cours du cycle de vie et toutes les catégories d'impact décroissent avec

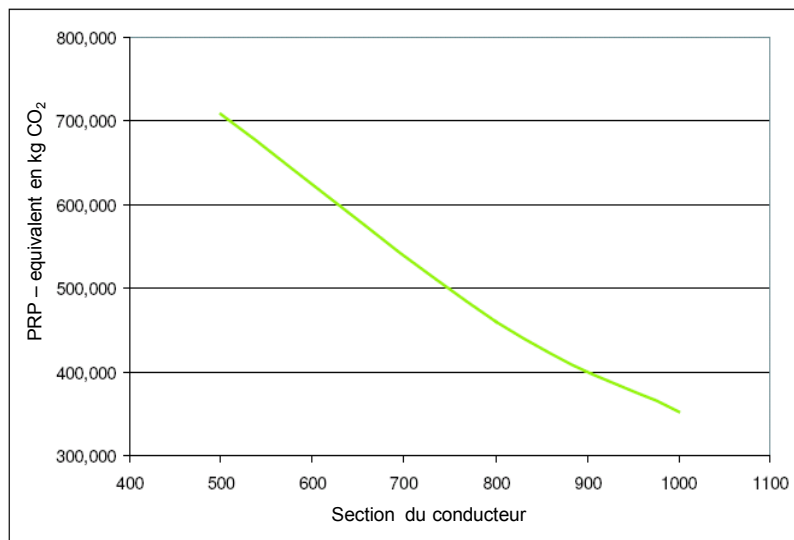
l'augmentation du rendement de façon quasi linéaire. Les représentations radiales ci-dessous représentent les grandeurs d'impact sous forme graphique.



Légende pour le graphique :

- PA** : potentiel d'acidification
- PE** : potentiel d'eutrophisation
- PRP** : potentiel de réchauffement planétaire (100 ans)
- PDO** : potentiel de dégradation de la couche d'ozone
- PCPO** : potentiel de création photochimique d'ozone

La courbe des émissions de CO₂-eq en fonction de la section montre que la décroissance des émissions est de 830 kg par mm² d'accroissement de section.



En utilisant la méthode de calcul '1' telle que décrite dans le document [PE Europe, 2005], la performance environnementale associée à l'ajout de cuivre pour améliorer le rendement des moteurs peut être calculée. Pour cette application particulière, chaque kg de cuivre ajouté permet une économie de 80 à 93 kg d'émission de CO_{2e}. Compte tenu du fait que la production de 1 kg de cuivre (pour les applications électriques) s'accompagne de 3 kg d'émissions de CO₂, [Cuivre, 2006], le gain environnemental se situe entre 27 et 31 kg et, de plus, en fin de vie, le cuivre peut être recyclé à 100 % vers une autre application tout en bénéficiant des mêmes propriétés.

Cas	Cuivre ajouté (en kg)	Réduction d'émissions (eq kg CO ₂)	Rapport
De 500 à 800 mm ²	2 670	249 020	93
De 500 à 1000 mm ²	4 450	356 040	80

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

[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

[Groeman, 2000] Frederik Groeman, Optimal reduction of energy losses in catenary wires for DC railway systems, ref 98430138-TDP 00-12709, July 2000, disponible sur le site internet www.leonardo-energy.org

[Groeman, 2001] Frederik Groeman, Benefits of upgrading the overhead line of a DC railway line in the Netherlands - a simulation case study, November 2001, disponible sur le site internet www.leonardo-energy.org

[PE Europe, 2005] PE Europe, Recommendation Paper, Options for Calculating the Long-Term Sustainability of Copper Use, November 2005, disponible sur le site internet 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 Hans de Keulenaer, email hdk@eurocopper.org)