

Analyse du cycle de vie comparative d'ampoules électriques : incandescentes et fluorescentes compactes

Auteur	CIRAIG - Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
Date	Juillet 2008
Texte intégral	Michaud, R., Belley, C. (2007). « Analyse du cycle de vie comparative d'ampoules électriques : incandescentes et fluorescentes compactes » Rapport final réalisé pour Hydro-Québec par le CIRAIG en octobre 2007, 59 pages, 3 annexes.
Revue critique	Lesage, P. (2008) réalisé pour Hydro-Québec par Sylvatica qui était en charge d'un comité de revue critique indépendant.

1. Mise en contexte

Hydro-Québec Distribution a sollicité le Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG), afin qu'il réalise une analyse comparative du cycle de vie (ACV) d'ampoules électriques incandescentes et fluorescentes compactes (fluocompactes) utilisées dans un contexte québécois.

Plus particulièrement, les objectifs de l'ACV étaient d'établir le profil environnemental des deux types d'ampoules, de même que d'en identifier et d'en comparer les « points chauds ». L'étude visait à permettre à Hydro-Québec d'améliorer sa compréhension des impacts associés au cycle de vie des ampoules et à lui fournir des éléments de réponse quant à la substitution des ampoules incandescentes par des fluocompactes.

Cette étude ACV comparative a fait l'objet d'une revue critique par un comité de revue indépendant qui a confirmé la validité des méthodes ainsi que des résultats et conclusions.

2. Description de l'analyse du cycle de vie

Objectifs de l'étude

1. Établir le profil environnemental du cycle de vie des deux types d'ampoules ;
2. Identifier les « points chauds » de chacune des alternatives ;
3. Comparer les alternatives sur la base d'une analyse de scénarios.
 - a. Le scénario de base néglige l'effet croisé de la chaleur générée durant l'éclairage.
 - b. Le scénario « effet croisé » considère l'effet de la chaleur générée durant l'éclairage en « créditant » au cycle de vie des ampoules (et donc, au scénario de base) l'impact évité d'une production équivalente de chaleur par un système de chauffage (ou en y ajoutant l'impact associé à un processus supplémentaire de climatisation).

Étapes du cycle de vie considérées

- Le cycle de vie (la production, la distribution, l'utilisation et la gestion en fin de vie) des deux types d'ampoules, incluant la production et le transport des ressources consommées, de même que le transport et la gestion des résidus générés.

Données utilisées

- Les données spécifiques ont essentiellement été collectées auprès de divers manufacturiers présents sur le marché québécois des ampoules (particulièrement Phillips, Globe et Sylvania).
- Ces données ont été complétées par des modules de données génériques (données moyennes issues de banques de données commerciales) disponibles dans la banque ACV internationalement reconnue *ecoinvent*. Cette dernière, qui est la plus importante banque de données d'inventaire du cycle de vie disponible sur le marché, contient des modules de données collectées auprès d'un grand nombre de secteurs industriels européens. Ces modules ont été adaptés au contexte énergétique nord-américain, lorsque requis.

Hypothèses

- Une ampoule incandescente de 60 W est équivalente, en termes de quantité de lumière fournie, à une ampoule fluocompacte de 13 ou 15 W.
- Une ampoule incandescente de 60 W a une durée de vie de 1 000 heures, tandis qu'une ampoule fluocompacte de 13 ou 15 W a une durée de vie de 10 000 heures.
- La base de comparaison a été définie comme suit :
 - **Fournir entre 500 et 900 lumens pendant 10 000 heures ;**
 - On compare donc 1 ampoule fluocompacte de 13 ou 15 W à 10 ampoules incandescentes de 60 W.
- Les ampoules sont utilisées au Québec (production électrique québécoise d'origine hydraulique à plus de 90 %).
- Selon le **principe de l'effet croisé**, la chaleur libérée à l'intérieur des habitations durant l'éclairage permet une réduction de charge sur les systèmes de chauffage (ou une charge supplémentaire sur les systèmes de climatisation).
- Environ 90 % de l'énergie consommée par les deux types d'ampoule est ultimement transmis à l'air ambiant sous forme de chaleur évitée aux systèmes de chauffage (ou traitée par les systèmes de climatisation).

Indicateurs d'impacts environnementaux considérés

Le cycle de vie des deux types d'ampoule a été évalué sur la base de la méthode d'évaluation des impacts internationalement reconnue IMPACT 2002+. C'est au moyen de cette méthode que les ressources consommées et les émissions à l'environnement reliées au cycle de vie des deux types d'ampoules (par exemple, le CO₂, le mercure, etc.) ont été converties en impacts potentiels sur l'environnement (par exemple, le réchauffement global, l'acidification, etc.). Le tableau suivant présente les indicateurs environnementaux utilisés. La colonne de droite présente les différentes catégories d'impacts considérées tandis que la colonne de gauche présente une agrégation des impacts en catégories de dommages, ce qui permet de réduire la quantité d'information à communiquer.

IMPACT 2002+	
Catégorie de dommage	Catégorie d'impact
Santé humaine	Effets cancérogènes
	Effets non-cancérogènes
	Effets respiratoires dus aux substances inorganiques
	Radiations ionisantes
	Détérioration de la couche d'ozone
	Oxydation photochimique
Qualité des écosystèmes	Écotoxicité aquatique
	Écotoxicité terrestre
	Acidification/eutrophisation terrestre
	Occupation des terres
Changement climatique	Réchauffement global
Ressources	Énergies non renouvelables
	Extraction minière
Aucun lien avec une catégorie de dommage	Acidification aquatique
	Eutrophisation aquatique

3. Résultats

Sommaire des « points chauds » du cycle de vie des ampoules

L'analyse des profils environnementaux pris individuellement peut être résumée comme suit :

- L'étape d'utilisation (en particulier la consommation électrique) contribue majoritairement aux impacts du cycle de vie des deux types d'ampoules. Cette étape représente, selon les catégories, entre 69 et 93 % des dommages potentiels dans le cas de la fluocompacte et entre 93 et 99 % dans le cas de l'incandescente ;
- La production des ampoules est quant à elle responsable de 6 à 30 % et de 1 à 5 % des dommages associés à la fluocompacte et à l'incandescente, respectivement ;
- La distribution et la gestion en fin de vie sont négligeables (ces étapes contribuent au plus à 1 % des dommages potentiels dans tous les cas).

Cas du mercure et des composantes électroniques

En comparant les profils environnementaux selon le scénario de base (négligeant l'effet croisé de la chaleur générée durant l'éclairage), l'ampoule fluocompacte s'avère favorable relativement à l'incandescente pour tous les indicateurs de dommage.

Les avantages de l'ampoule fluocompacte (c.-à-d. la réduction des dommages par les économies d'énergie) s'avèrent ainsi être nettement supérieurs aux nouveaux problèmes qu'elle apporte (c.-à-d. les dommages supplémentaires dus au mercure et aux composantes électroniques du ballast). Il est donc important de relativiser l'importance du dommage associé au mercure et au ballast électronique puisqu'il représente tout au plus 1% des dommages potentiels à l'environnement. Cet enjeu ne doit pas pour autant être négligé et il conviendrait de mettre en place des mécanismes de récupération et recyclage des ampoules fluocompactes en fin de vie.

Effet croisé de la chaleur « perdue » pendant l'éclairage en saison froide

L'objectif du scénario « effet croisé » était d'évaluer dans quelle mesure les pertes d'énergie (et de chaleur) durant l'éclairage pouvaient favoriser l'ampoule incandescente en saison froide. Or, bien que la chaleur libérée à l'intérieur des habitations durant l'éclairage permette effectivement une réduction de charge sur les systèmes de chauffage, cet effet croisé de la chaleur générée par les ampoules n'existe pas toujours. C'est le cas des habitations chauffées au bois et, possiblement, des habitations dont l'isolation est déficiente (et dont le point de consigne du thermostat n'est jamais atteint). De plus, même lorsque l'effet croisé existe, pratiquement toute l'énergie consommée par les deux types d'ampoules serait ultimement récupérée par les systèmes de chauffage. Il est donc nécessaire d'évaluer dans quelle mesure la chaleur supplémentaire dégagée

par l'incandescente constitue un avantage net permettant de compenser ses dommages associés au gaspillage d'énergie. Plus particulièrement :

- 1- Le chauffage électrique à partir de plinthes étant plus efficace qu'à partir d'ampoules, la chaleur supplémentaire dégagée par l'incandescente ne constitue pas un avantage dans le cas d'habitations chauffées à l'électricité (l'énergie récupérée est supposée égale à 90 % de l'énergie consommée par les ampoules, alors qu'une plinthe électrique a une efficacité de 100 %). L'ampoule fluocompacte demeure ainsi l'option favorable en saison froide dans le cas d'habitations chauffées à l'électricité.
- 2- Le chauffage au gaz naturel ou au mazout étant, quant à lui, moins efficace (au plus 70 %, selon l'information obtenue d'Hydro-Québec) et globalement plus dommageable que le chauffage électrique à partir d'ampoules, la chaleur supplémentaire dégagée par l'incandescente constitue alors un avantage (en particulier en ce qui a trait aux changements climatiques et aux ressources). Toutefois, il est important de préciser que cet avantage des incandescences sur les fluocompacts n'est valable qu'en saison froide dans des habitations chauffées au gaz ou au mazout.

4. Conclusions et recommandations

À la lumière des résultats obtenus, il nous semble donc préférable de promouvoir l'utilisation d'ampoules fluocompactes à l'échelle québécoise. En effet, pour 84 % des foyers québécois qui ne se chauffent ni au mazout ni au gaz, l'ampoule fluocompacte représente le meilleur choix à tout moment de l'année. Pour les 16 % de foyers restants (qui se chauffent au gaz et mazout), l'ampoule fluocompacte représente le meilleur choix en saisons chaudes et neutres, soit environ 36 % de l'année au Québec. Pour ces foyers, en saison froide, les conclusions sont cependant moins évidentes puisque l'ampoule incandescente est alors l'option favorable en considérant certains indicateurs, en particulier les changements climatiques et les ressources. Ceci dit, la promotion des ampoules fluocompactes pour tous les foyers québécois devient hautement recommandable en supposant que chaque kWh économisé pourrait substituer des formes d'énergie plus polluantes ou moins efficaces que le chauffage au gaz ou au mazout (en particulier l'électricité d'origine thermique).

Cette promotion devrait cependant être accompagnée des éléments suivants :

1. Hydro-Québec devrait accentuer ses efforts de sensibilisation auprès de la population concernant le fait que les fluocompactes sont considérées comme des déchets dangereux nécessitant certaines précautions et poursuivre sa collaboration avec les intervenants pertinents en vue du développement des mécanismes de récupération et de recyclage des ampoules en fin de vie ; et
2. Hydro-Québec devra favoriser la promotion d'ampoules avec ballasts modulaires, c.-à-d. réutilisables, lorsque les technologiques seront disponibles sur le marché. En effet, les composantes électroniques s'étant avérées être le principal contributeur à l'étape de production, elles augmentent de plus la masse de produits transportés et l'impact potentiel associé à la lixiviation de métaux lourds en fin de vie. La réutilisation potentielle des ballasts chez le consommateur pourrait améliorer davantage la performance environnementale des ampoules fluocompactes.

La mise en œuvre de telles recommandations permettrait de favoriser globalement l'efficacité énergétique, tout en assurant la minimisation des nouveaux problèmes associés à l'utilisation d'ampoules fluocompactes, plutôt que de les rejeter sur la seule base qu'elles ne sont pas parfaites.

Limits

Les conclusions de cette étude peuvent être appliquées seulement à l'utilisation des ampoules dans un contexte Québécois. Toute extrapolation de ces résultats à l'ensemble des autres

provinces canadiennes ou au contexte Nord-Américain demande une vérification préalable de la validité des hypothèses. Les résultats de l'ACV présentent des impacts environnementaux potentiels et non réels. Ils n'expriment par ailleurs pas le risque individuel notamment associé à une exposition suite à un bris accidentel d'ampoules fluocompactes dans un environnement clos, ni l'influence de certains paramètres plus ou moins importants du point de vue de l'utilisateur (p. ex : interférence avec dispositifs infrarouge, température de fonctionnement (min-max), utilisation avec gradateurs et phénomènes de distorsion harmonique).

Pour diffusion