

LE REMPLACEMENT DES ÉNERGIES FOSSILES : LA GRANDE ILLUSION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Daniel R. ROUSSE

*Chaire de recherche industrielle en technologies de l'énergie et en efficacité énergétique (t3e),
École de technologie supérieure, Montréal, Canada*

RÉSUMÉ

Cet article tente de montrer que les développements de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables sont nécessaires mais insuffisants à surmonter les difficultés sociétales liées à la fin de la disponibilité des énergies fossiles bon marché pendant ce siècle. Cet article supporte la thèse que seules des législations contraignantes et une taxation appropriée permettront un changement majeur dans la façon dont les sociétés développées consomment de l'énergie. Mais, au-delà des législations requises, cet article propose aussi d'investir massivement dans l'éducation des populations à l'incidence de leur mode de vie sur la société et la planète. Ce n'est qu'en préconisant une certaine « sobriété énergétique » qu'il sera possible d'assurer une transition moins chaotique vers une société moins énergivore.

Mots Clés : Énergies renouvelables, efficacité énergétique, énergies fossiles, sobriété énergétique

NOMENCLATURE

Symboles :

Mtep Million de tonnes équivalent pétrole
Gb Milliard de barils

GWh Gigawatt-heure
MW Megawatt
PJ Petajoule

1. INTRODUCTION

La terre étant un espace fini et puisque l'espèce humaine consomme ou transforme certaines de ses ressources qui sont non renouvelables à un taux croissant, nous manquerons infailliblement de celles-ci dans un avenir rapproché et chaque année nous rapproche à la fois davantage et plus vite de la rupture. L'énergie est l'une de ces ressources.

L'objectif de cet article est de montrer que nos tentatives de développement des énergies dites renouvelables combinées à nos efforts de réduction de la consommation seront insuffisants pour compenser la rapidité de l'épuisement des ressources énergétiques traditionnelles que sont les carburants fossiles. La démonstration se limite à la situation du Canada bien qu'elle puisse être adaptée à tous les pays industrialisés. Derrière cet objectif se profile la motivation à modifier

nos habitudes de consommation énergétique progressivement et volontairement avant que ce soient les conditions du marché qui nous imposent une période de chaos en raison d'une pression trop intense sur le système économique mondial lors de l'irréversible pénurie.

2. PRODUCTION ET CONSOMMATION D'ÉNERGIE

2.1. Toutes formes d'énergie

Plusieurs sources peuvent être consultées afin de cerner les paramètres de consommation et de production énergétique. Cette étude s'appuie principalement sur deux d'entre elles : les « Key World Energy Statistics » [1] publiées chaque année en septembre par l'agence Internationale de l'Énergie (IEA) et le « BP Statistical

* auteur correspondant

Adresse électronique : courriel.de.lauteur.correspondant

Review of World Energy » [2] publié chaque année en juin.

La figure 1 [1] illustre que, depuis 40 ans, la production/consommation mondiale d'énergie ne cesse de croître, ce qui ne fait qu'augmenter chaque année le taux auquel le monde impute les ressources de carburants fossiles (en violet, bleu et vert clair). Si toutes les sources ne s'entendent pas nécessairement sur les valeurs exactes de la consommation ou de la production, toutes les organisations s'entendent sur le fait que cette dernière croît plus ou moins linéairement depuis 40 ans.

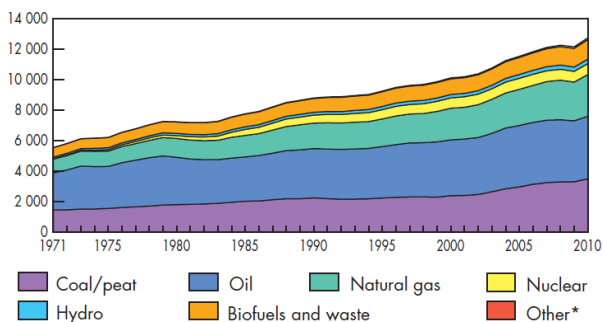


Figure 1 : Production totale mondiale d'énergie primaire par type (Mtep) entre 1971 et 2010 [1].

La figure 2 indique que la production totale mondiale¹ d'énergie primaire est passée de 6 107 Mtep en 1973 à 12 717 Mtep en 2010. Cette part, qui a doublé en 40 ans, illustre assez éloquemment que les accroissements de consommation énergétique, après avoir permis un développement social, économique et technologique pendant une bonne moitié du XX^e siècle (1920-1970), ne sont plus associés aussi étroitement à l'amélioration des conditions de vie dans les pays industrialisés [3–5]. Mais cette considération dépasse le cadre de cet article.

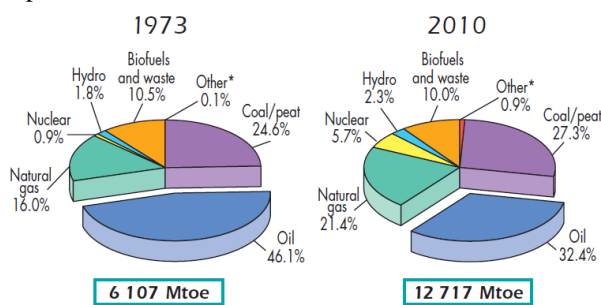


Figure 2 : Parts de la production totale mondiale d'énergie primaire par type d'énergie (%) pour les années 1973 et 2010 [1].

La figure 2 indique qu'en 1973 ou en 2010, plus de 80 % de la consommation mondiale d'énergie provenait des carburants fossiles (86,7 % en 1973 vs 81,1 % en

2010). La portion de nucléaire (non renouvelable) est passée de 0,9 % à 5,7 % pour atteindre 725 Mtep en 2010. La part des non renouvelables est donc à peu près stable autour de 86 % depuis environ 40 ans.

La portion des biocarburants, constituée des résidus forestiers ou agricoles ou de la coupe forestière à des fins de chauffe, est restée stable à environ 10 %. Ce qu'il faut noter est la proportion des énergies renouvelables qui est passée de 0,1 % à 0,9 % (partie en rouge). L'accroissement de la production fut donc de 108 Mtep (114 en 2010 – 6 en 1973) en énergies renouvelables au sens où on l'entend aujourd'hui (solaire, marée motrice, éolienne, hydroliennes, géothermique, etc.) alors que pour combler les besoins de l'humanité, il a fallu accroître la production d'énergie de 6610 Mtep.

Et parmi les quelques 20 % restant, le nucléaire, qui compte pour près de 6 % de la consommation, fait aussi partie des ressources non renouvelables (si l'on considère les technologies implantées à ce jour).

2.2. Production et consommation de pétrole

Avec 32,4 % de part (figure 2), l'IEA indique que la production d'énergie primaire de pétrole a atteint 4120 Mtep en 2010. La consommation finale fut de 3691 Mtep [1]. La différence fut employée pour produire de l'énergie secondaire (ex : électricité) plus les variations de stock des états et les pertes. Il est intéressant de mentionner que pour la même année, British Petroleum [2] indique que la production de pétrole était de 4032 Mtep et que la consommation totale (incluant l'énergie secondaire produite) était de 3945 Mtep. Les variations de données sont normales, car colliger l'ensemble des données produites par les nations impose de procéder par des méthodologies qui entraînent nécessairement ces différences. Les facteurs qui expliquent ces variations ne seront pas discutés ici.

Pour les besoins de cet article, la consommation mondiale de pétrole en 2010 sera posée égale à 4 milliards de tonnes par an.

2.3. Réserves de pétrole

Pour prédire la durée des réserves, il faut d'abord les estimer. Pour ce faire, il faut nécessairement comprendre que l'on appelle « réserve » la quantité d'une substance que l'on peut techniquement et économiquement extraire du sol à un moment donné. Par extension, on appelle « réserve ultime » la fraction de la « ressource » que l'on pense exploitable à un horizon prévisible à partir des données techniques et économiques connues. Enfin, cette « ressource » englobe l'ensemble de la matière qui existe sur terre (même sous la forme la plus dégradée). Il est à remarquer que les réserves de pétrole déclarées par les pays ne sont soumises à aucun contrôle, aucun organisme international qui pourrait en confirmer

¹ La production d'énergie primaire est utilisée ici comme base pour discuter de la consommation.

l'étendue. Ainsi, depuis 1978, les réserves du Koweït ont quadruplé.

La figure 3 montre que les réserves mondiales de pétrole sont passées de 1032,7 Gb à 1652,6 Gb en 20 ans [2]. Le taux de conversion employé par British Petroleum est de 7,91 b/tep.

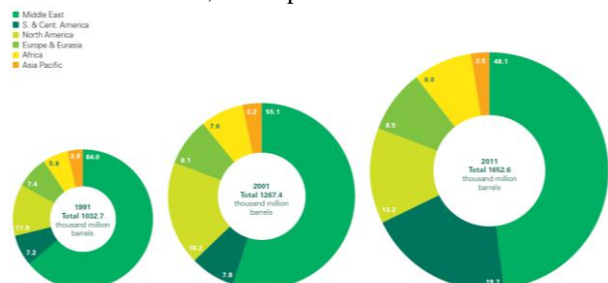


Figure 3 : Distribution des réserves mondiales de pétrole par régions entre 1991 et 2011 [2].

Pour les besoins de cet article, la réserve mondiale de pétrole 2010 sera posée égale à 200 milliards de tonnes sachant qu'elle augmentera, malgré une diminution de la ressource, puisque les prix vont croître.

2.4. Durée des réserves de pétrole

Pour obtenir la durée des réserves de pétrole, il suffirait de diviser la somme des ressources par la consommation moyenne sur la période visée. En clair, pour les données 2010–2011, la durée serait de 50 ans à réserve et à consommation constantes.

Or, le taux auquel croît ou varie la consommation est assez imprévisible. Selon l'IEA [1], si les politiques nouvelles de lutte aux changements climatiques sont maintenues, le taux de croissance annuel de la production d'énergie primaire à l'horizon de 2035 sera de 2 % environ. Si, par contre, les états s'entendent pour limiter la croissance de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère à 450 ppm, cet accroissement sera de 1,5 % environ (figure 4).

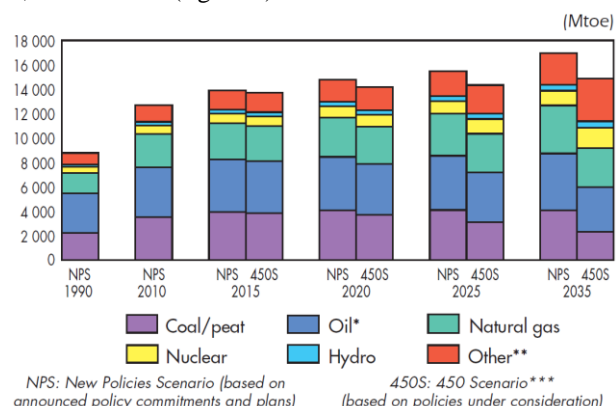


Figure 4 : Prédictions de la production mondiale d'énergie pour deux scénarios [1].

(La figure 2 indique une croissance moyenne de 2,93 %). On observe (figure 4) pour 2035, quel que soit le scénario retenu, une nette prédominance des énergies

non renouvelables dans le cocktail énergétique mondial (environ 75 %). Cependant, les deux tendances montrent que la consommation de pétrole devrait baisser (450 S) sinon se maintenir (NPS). Une chose intéressante à remarquer sur cette figure est que les « autres » types d'énergie englobent, sur ce graphique, les biocarburants et les déchets employés comme combustible ET les énergies renouvelables.

Par ailleurs, la consommation dépend aussi de l'économie mondiale. En observant la portion de droite de la figure 1, on voit très nettement un creux de croissance de consommation d'énergie pour l'année 2009 correspondant à un affaissement économique. Quoiqu'il en soit, « bien que les perspectives de croissance économique soient incertaines à court terme, dans le Scénario « nouvelles politiques (NPS) », la demande d'énergie s'accroît vigoureusement d'un tiers entre 2010 et 2035 » [6].

Enfin, il faut ajouter que le taux de production/consommation dépend surtout des réserves. Car, s'il existe une incertitude sur le taux de variation de la consommation de pétrole, l'incertitude qui règne sur les variations des réserves est encore plus grande. Jusqu'aux années 2000, l'IEA n'ait l'atteinte d'un pic pétrolier (il serait impossible de discuter ce concept exhaustivement dans cet article). Or, tant l'IEA [6] que l'« Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO) » [7] ou que le « United States Department Of Energy (DOE) » [8] s'entendent pour situer le pic pétrolier dans la présente décennie. Ceci implique que la croissance de la demande (propulsée par l'Asie) sera bientôt incompatible avec le taux et l'ampleur des nouvelles découvertes et la production des gisements existants qui dépérissent depuis 1960. En 2007 [6], l'IEA prévoyait qu'en 2015 l'écart entre la demande et l'offre serait de 12,5 millions de barils/jour si de nouveaux gisements n'étaient pas découverts et si des mesures d'économie d'énergie n'étaient pas prises. Cette pression sur les prix devrait faire bondir les réserves.

Il est toujours possible que des gisements importants puissent être découverts, mais ces découvertes deviennent de plus en plus rares et leur réel impact sur la durée des réserves peut demeurer limité. Par exemple, au Canada, on fait grand cas des réserves de pétrole enfouies sous l'arctique. Les pays nordiques qui partagent une frontière avec cette partie du globe revendiquent tous un droit d'exploitation de ces réserves qui sont immenses. La figure 5 illustre schématiquement la répartition estimée de ces réserves et nomme les pays qui en revendiquent la propriété. Les réserves totales estimées sont de 63,5 milliards de barils de brut. Ce volume de pétrole correspond, pour une densité d'énergie moyenne du pétrole, à 9190 Mtep. Or, au taux de consommation de 2010 (4 120 Mtep/an), ces réserves prolongeront les réserves mondiales totales d'un peu plus de deux années seulement.

Bien que cette section ne s'attarde qu'à discuter le cas du pétrole, il en va ainsi du gaz et du charbon avec toutefois des réserves, une consommation et un taux de variation de celle-ci quelque peu différents.

En clair, il est certain que la demande énergétique croîtra plus rapidement que les réserves au cours des prochaines décennies.



Figure 5 : Réserves de pétrole de l'arctique [11].

3. ÉNERGIE RENOUVELABLE, EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

La section précédente tentait d'illustrer qu'en raison d'une croissance inéluctable de la consommation énergétique mondiale, d'une large part de cette consommation en énergie non-renouvelable et d'une durée des réserves de celles-ci de l'ordre de grandeur du siècle, il a fallu mettre en œuvre des politiques énergétiques visant à atténuer l'éventuel choc induit par une transition trop rapide vers une société différente.

Pour y arriver, il est possible de remplacer les énergies non renouvelables par des énergies qui le sont, de réduire la consommation énergétique des équipements et systèmes par une amélioration de leur rendement ou de leur performance pour le même niveau de service, de légiférer afin de contraindre les sociétés à modifier leur consommation et d'éduquer les générations à venir à vivre en utilisant tout simplement moins de ressources naturelles.

Cette section envisage les trois premières possibilités pour le cas particulier du Canada.

3.1. L'efficacité énergétique

L'une des façons de réduire la consommation d'énergie consiste à implanter des mesures d'efficacité énergétique, i.e., obtenir le même niveau de service d'un équipement ou d'un système d'équipements à moindre consommation. Au Canada, « l'efficacité énergétique s'est améliorée de 16 % depuis 1990 » [12].

Cette amélioration a réduit la consommation d'énergie d'environ 1 089,7 PJ (26 Mtep). L'étude du gouvernement canadien repose sur une méthode de factorisation afin d'isoler l'effet de l'efficacité énergétique dans l'économie ainsi que dans les différents secteurs. La factorisation permet de décomposer les variations observées dans la quantité d'énergie consommée selon les effets de cinq facteurs : l'activité, la structure, les conditions climatiques, le niveau de service et l'efficacité énergétique elle-même.

La figure 6 illustre la consommation d'énergie secondaire au Canada tenant compte ou non de l'amélioration de l'efficacité énergétique entre 1990 et 2008.

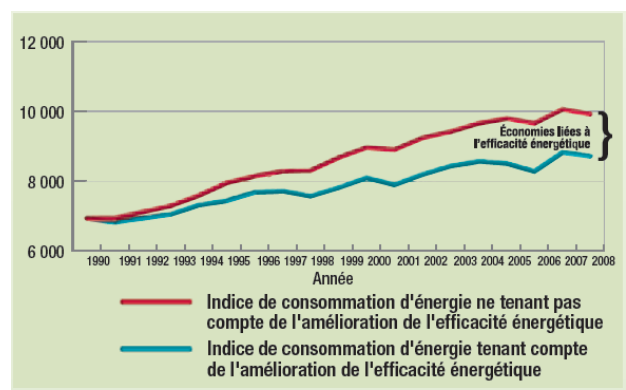


Figure 6 : Consommation d'énergie secondaire au Canada tenant compte ou non de l'amélioration de l'efficacité énergétique, 1990-2008 [12].

Cette figure indique que sans une importante et constante amélioration de l'efficacité énergétique dans les secteurs d'utilisation finale, la consommation d'énergie entre 1990 et 2007 aurait augmenté de 44 % au lieu de 28 %. Le taux de croissance annuel moyen de la consommation d'énergie sur ces 17 années aura donc été de 1,5 % environ.

Les mesures d'efficacité énergétique contribuent certes à réduire la croissance de la dépendance canadienne au pétrole, mais certainement pas à la maintenir ou à la réduire.

3.2. Les énergies renouvelables

Parmi les types d'énergies renouvelables, hormis l'hydro-électricité dont l'implantation des quelques 65 000 MW de puissance remonte à plus d'un siècle, celle qui est la plus largement implantée chaque année au Canada est l'énergie éolienne. En 2012, la capacité (puissance) installée était de 5 265 MW [13]. Le Canada se classe ainsi 9^e au classement mondial (la France est 7^e) [14]. La distribution géographique de cette capacité est illustrée à la figure 7. Par ailleurs, la capacité installée en énergie solaire photovoltaïque n'est que de 66 MW au Canada.

En 2007, la quantité totale d'énergie primaire consommée au Canada a été estimée à 12 786 PJ [12]

ou 305,4 Mtep. Convertie en énergie électrique, cette consommation représenterait $3,5 \times 10^6$ GWh. Si l'on applique les prévisions de croissance de consommation mondiale du scénario NPS (+2 %/an) de l'AIE (illustré plus haut) à la consommation canadienne, l'augmentation de la consommation canadienne en 2025 serait de 1 030 000 GWh.

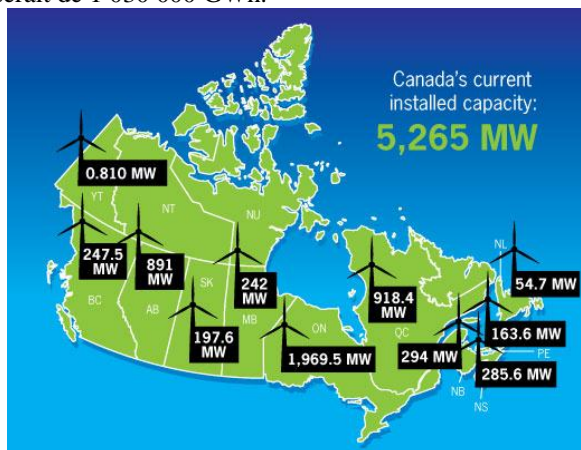


Figure 7 : Capacité (puissance) éolienne installée au Canada en 2012. [13].

Or, en employant un facteur d'utilisation de 30 % pour les éoliennes canadiennes. Celles-ci auront produit pour 2012 environ 13 836 GWh ce qui implique que pour compenser la croissance de la consommation canadienne jusqu'en 2025 avec la seule énergie éolienne, il faudrait multiplier par 74 la puissance installée. Si on peut imaginer que le Canada continuera à implanter des mesures d'efficacité énergétique et que sa croissance de consommation se limitera à 1,5 % en moyenne sur les 13 prochaines années, ce facteur chute à 54.

Quelles que soient les énergies renouvelables envisagées par le Canada, s'il désire ne serait-ce que maintenir constante sa consommation de carburants fossiles et d'énergie nucléaire au cours des années à venir, il devra considérablement augmenter le taux de pénétration de celles-ci sur son territoire et les intégrer dans le réseau de distribution.

3.3. Les politiques énergétiques

Cette section doit se limiter à quelques exemples de législations permettant de modifier les comportements face à l'utilisation de l'énergie.

Les subventions : Plusieurs paliers de gouvernement offrent des subventions qui permettent à un investisseur de réduire la période de retour sur l'investissement des mesures d'efficacité énergétique qu'il implante ou le coût en capital investi dans le développement d'un produit d'efficacité énergétique. Au Québec, lorsque, dans les années 1990, Hydro-Québec a cessé son programme de subventions, tout le marché de l'efficacité énergétique s'est effondré menant à la fermeture de la majorité des boîtes spécialisées et des

départements des bureaux de génie conseil (cabinets d'études). Cette politique est donc artificielle en ce sens que les effets ne sont pas permanents, mais tributaires du niveau de subventions publiques offertes aux acteurs du marché.

Les tarifs de rachat préférentiels : L'exemple de l'Allemagne d'abord et de la France sont bien connus en Europe. Au Canada, l'exemple de l'Ontario est le plus connu bien que l'Alberta ait aussi recours à une politique de tarifs de rachat préférentiels. Ces tarifs, qui ont atteint 0,800 \$/kWh, ont permis une implantation fulgurante de fermes solaires en Ontario. Comme en France, dès que ces tarifs ont baissé, l'industrie a dû effectuer des rajustements à la baisse du taux d'implantation des projets. Par opposition, le Québec ne permet que le rachat au tarif de vente (0,075 \$/kWh, tarif domestique) jusqu'à concurrence de la consommation. Il en est ainsi dans huit des dix provinces canadiennes. On note rapidement pourquoi, le photovoltaïque ne connaît pas le même essor dans les provinces voisines de l'Ontario et de l'Alberta.

La législation contraignante : De telles législations permettent de changer à long terme les habitudes de consommation. La réglementation thermique française, RT 2020 [15], est un exemple qui illustre une réelle volonté de changement. Difficile à implanter et à contrôler, cette réglementation, dont nous ne discuterons pas les implications ici, vise à ce que tous les nouveaux bâtiments construits en 2020 produisent, sur une base annuelle, davantage d'énergie qu'ils n'en consomment. Une telle législation modifie toujours le paysage économique du domaine d'application. Elle requiert une vision et un courage politique peu fréquents.

Les redevances et la taxation : Le débat sur les ressources naturelles au Québec a permis de réaliser que le modèle des redevances versées par les sociétés minières au gouvernement du Québec était inadéquat en ce que bien en-deçà de ce que la Norvège, par exemple, perçoit de l'exploitation de ses réserves d'hydrocarbures. Pour permettre au gouvernement des investissements dans la réduction de notre dépendance au pétrole pourquoi ne pas le financer directement avec les recettes de la vente de ce dernier? A contrario, à ce jour en Amérique, les entreprises d'exploration de nouveaux gisements sont celles qui bénéficient des mesures fiscales et incitatives les plus importants dans le domaine de l'énergie.

Ce que propose l'auteur de cet article n'est pas de faire implorer l'économie mondiale mais d'adopter progressivement la solution notamment suggérée en 2006 par Jancovici et Grandjean [16]. Dans leur opuscule à la fois pamphlétaire et humoristique, ces auteurs proposent d'augmenter les taxes de vente sur le carburant fossile. Les avantages de cette solution sautent aux yeux : effort économique mieux réparti, prolongement de la durée des réserves, choc moins brutal et contrôle sur l'économie mondiale, etc. Cette

proposition oppose la thèse du développement dit durable à celle de la décroissance soutenable que nous n'aborderons pas ici.

Toutefois, dans son « World Energy Outlook 2011 » [17], l'agence internationale de l'énergie constate que « peu de signes laissent à penser que le changement d'orientation nécessaire des tendances énergétiques mondiales (soit) amorcé ».

3.4. La sobriété énergétique

Les changements provoqués par les deux derniers types de politiques mentionnés peuvent cependant mettre en péril un gouvernement qui hésite souvent à afficher le courage politique requis pour induire les changements nécessaires. Ce qu'il importe d'amorcer avec davantage de conviction et d'empressement est une éducation du public, du jeune public, aux effets dévastateurs de notre consommation énergétique sur l'avenir de notre système économique et social (sur l'environnement aussi mais ce thème n'est pas spécifiquement abordé ici). Ce sont les générations de jeunes d'aujourd'hui qui induiront demain les changements profonds qui étaient cependant urgents de mettre en œuvre hier. La raison de cette compression du temps est la rapidité fulgurante des changements qu'ont permis les carburants fossiles à bas prix, ces changements qui ont en quelque sorte pris de vitesse l'être humain dans sa capacité à réagir aux modifications qu'il a lui-même imposé à son mode de vie et aux écosystèmes terrestres. Ce n'est que l'éducation qui permettra aux sociétés d'accepter les législations requises pour freiner notre consommation.

4. CONCLUSION

4.1. Réserves de pétrole

Cet article a sommairement tenté de montrer qu'il est difficile d'évaluer exactement la durée des réserves de pétrole (ou des autres carburants fossiles). Toutefois, si la durée de ces réserves de pétrole n'est pas de 50 ans comme l'indique le simple calcul ci-haut présenté, elles laissent néanmoins présager des changements structuraux et organisationnels majeurs des sociétés énergivores telles que la nôtre. Des changements brutaux et rapides car dans moins de 5 ans, le pic de production pétrolière sera admis par toutes les sociétés et des politiques énergétiques plus contraignantes devront être mises en œuvre.

4.2. Les effets des développements des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

L'article a montré par un exemple particulier à un pays et à la source d'énergie renouvelable en croissance la plus répandue dans celui-ci que ces deux axes contribueront mais de manière insuffisante à surmonter les difficultés sociétales liées à la fin des énergies fossiles bon marché.

4.3. Les législations et la sobriété énergétique

Cet article soutient que seules la législation et la taxation permettront d'influencer sensiblement le taux de transition vers une société moins énergivore. À défaut de légiférer et de taxer davantage les ressources fossiles dès aujourd'hui, la fin du pétrole bon marché risque de mener à un choc très brutal de modification de notre organisation planétaire. Car bien avant l'épuisement appréhendé, la raréfaction des ressources exercera une pression formidable sur les sociétés de manière à les réorganiser afin qu'elles dépendent moins de l'énergie.

Nous sommes donc déjà confrontés à une double menace liée à l'énergie : celle de ne pas disposer d'approvisionnements suffisants et sûrs à des prix abordables, et celle de nuire à l'environnement par une consommation excessive. De profonds changements sociétaux basés sur une éducation à la sobriété énergétique sont donc à planifier dans toute stratégie de développement dit durable des sociétés, en plus de toutes les considérations que l'on évoque à chaque Forum Économique Mondial.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier les partenaires de la Chaire de recherche t3e : Ville de Lévis, Ecosystem, Ultramar, CRE-CA, SDE-Lévis et Roche. L'auteur remercie aussi le CRSNG pour son support financier.

RÉFÉRENCES

- [1] IEA, Key World Energy Statistics, 82 p., (2012)
- [2] BP, Statistical Review of World Energy, 48 p., (2012)
- [3] SIEGEL, C. The End of Economic Growth, Preservation Institute, 56 p. (2006) (<http://www.preservenet.com/endgrowth/EndGrowth.pdf>)
- [4] MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J., A Synopsis, Limits to growth, Universe, The 30-year Update, 28 p., (1972), <http://www.sustainer.org/pubs/limitstogrowth.pdf>
- [5] SCHUMACHER, E. F. Small is Beautiful: Economics as if People Mattered. New York: Perennial Library, (1973)
- [6] IEA, World Energy Outlook, (2006)
- [7] ASPO, <http://www.peakoil.net/>, consulté le 12 janvier 2013
- [8] HIRSH, R., BEZDEK, R., et WENDLING, R., Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management, 91 p., (2005)
- [9] NIC, National Intelligence Council, Global trends 2025: A transformed world, Chapters 3 and 4, 120 p., (2008)
- [10] BP, Energy Outlook 2030, 88 p., (2012)
- [11] COURRIER INTERNATIONAL, octobre, (2008)
- [12] RNCAN, Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2007, Publications Éconergie, Office de l'efficacité énergétique, (2009)
- [13] CANWEA, <http://www.canwea.ca/>, consulté le 29 janvier 2013
- [14] WWEA, The World Wind Energy Association, Annual report, 23 p., (2011)
- [15] RT 2020, <http://www.reglementationthermique.net/>, consulté le 4 février 2013
- [16] JANCOVICI, J.M., et GRANDJEAN, A., Le plein s'il vous plaît!, Points Sciences, 186 p., 2006
- [17] IEA, World Energy Outlook, (2011)