

Pour une approche scientifique dans le plan d'électrification du Québec

15 octobre 2019

Nous sommes :

- **Richard Berthiaume**, ingénieur chimique et titulaire d'une maîtrise en génie civil, auteur d'articles scientifiques publiés dans des revues de prestige et dont les travaux ont été repris dans plus d'une centaine de publications à travers le monde. Spécialisé en analyse énergétique et énergies renouvelables et dans la réduction des gaz à effet de serre. Concepteur d'une méthode de calcul scientifique permettant de discriminer les énergies renouvelables des non-renouvelables.
- **Isabelle Gorse**, environnementaliste, titulaire d'une maîtrise en environnement et travaillant dans ce domaine depuis près de 30 ans.

Notre mission :

Encourager l'utilisation de méthodes scientifiques pour sélectionner les moyens de réduction des gaz à effet de serre.

Introduction

Ce mémoire propose des pistes de réflexion pour intégrer une démarche scientifique aux travaux d'élaboration du plan d'électrification et de changements climatiques du Québec. L'enjeu des changements climatiques est de taille, mais avant de débattre des solutions proposées pour réduire les gaz à effet de serre (GES), une analyse scientifique est requise pour saisir l'effet réel de ces solutions. Cette analyse doit se fonder sur des méthodes rigoureuses, c'est pourquoi toute solution proposée doit être appuyée par une analyse scientifique. Pour permettre au débat de progresser les méthodes d'analyse scientifiques doivent être rendues publiques. Le débat d'opinions actuel doit se transformer en débat scientifique. Par la suite, lorsque l'éventail de solutions sera défini, le débat sur le choix des meilleures options pourra débiter.

La science de l'énergie, l'énergétique, couvre un domaine vaste et complexe et repose sur près de 200 ans de développement scientifique. De cet univers, la plupart des gens ne connaissent que le grain de poussière appelé « conservation de l'énergie ». Ce concept permet de développer toutes sortes de machines, mais il rend aveugle sur les interactions entre les machines et l'environnement. Afin de redresser la situation, ce mémoire propose, à partir de bases scientifiques, un point de départ et une ligne directrice à suivre.

Le point de départ

Il existe dans la littérature scientifique et dans les ouvrages de vulgarisation toute une panoplie de méthodes d'analyse énergétique. L'arrimage précis entre ces méthodes et le problème soulevé est essentiel pour l'obtention de résultats tangibles. Le choix de la méthode se fait en fonction de son domaine d'application. Très souvent, l'arrimage sert plutôt à des fins mercantiles où l'objectif est de démontrer la pertinence de l'option déjà choisie. La technologie ou la solution retenue est souvent déterminée avant le raisonnement scientifique, car il est aisé de choisir un raisonnement d'apparence scientifique qui justifie la technologie ou la solution retenue. L'efficacité énergétique est un outil qui sert trop souvent à cette fin plutôt qu'à faire partie d'une réelle analyse.

Le document de consultation se situe bien en aval de la réflexion scientifique et porte majoritairement sur des actions, des opportunités et des solutions. L'arrimage adéquat entre ce qui est proposé et la résolution des problématiques soulevées ne peut s'effectuer que par une démarche scientifique rigoureuse. Cette démarche doit être à même d'intégrer le « passif » environnemental que constitue, par exemple, le CO₂ dans l'atmosphère. Actuellement, la négation de ce passif dans les méthodes d'analyse courantes empêche la distinction entre les bonnes approches et les médiocres, voire même les nuisibles. Pour chacune des étapes de la transformation et de la production d'énergie, l'approche scientifique constitue la base de la réflexion (1).

Le premier enjeu auquel nous sommes confrontés est le classement des sources d'énergie en fonction de leur bilan actif-passif pour concentrer les efforts sur les sources d'énergie réellement renouvelables. Les méthodes scientifiques qui permettent d'y voir plus clair sont sophistiquées, mais l'objectif est simple : réduire la consommation de ressources non-renouvelables nécessaires à nos activités et concentrer nos efforts sur la production de biens et services essentiels (2).

Le document de consultation repose, en grande partie, sur les énergies renouvelables (hydro-électricité, bioénergie). La production de l'énergie est le premier élément à soumettre à une analyse du passif; il faut d'abord distinguer le passif de l'actif. L'actif est un cycle renouvelable (thermomécanique, thermochimique ou simplement thermique) présent naturellement sur la planète. Le passif est toute la matière et l'énergie non renouvelable qui est utilisée pour exploiter ce cycle et acheminer l'énergie extraite de ce cycle à son utilisateur. L'apport net est donc l'actif moins le passif.

- **L'analyse sans passif voit des énergies renouvelables partout, dès qu'il y a un cycle renouvelable.** (Il s'agit de l'approche la plus médiatisée)
- **L'analyse avec passif dissocie le cycle renouvelable de l'énergie renouvelable. Cette analyse permet de distinguer les vraies énergies renouvelables des fausses. En fait, les vraies énergies renouvelables ne le sont seulement que partiellement car des ressources non-renouvelables sont toujours utilisées dans l'exploitation des cycles renouvelables.** (Il s'agit de l'approche utilisée par les scientifiques)

L'étude des énergies renouvelables

Il y a consensus au sein de la communauté scientifique internationale à intégrer le passif dans l'étude des énergies renouvelables. On progresserait grandement au Québec seulement en intégrant ce passif dans nos études énergétiques. Un article scientifique publié en 2001 (3), dont Richard Berthiaume a été co-auteur, détaille une méthode d'évaluation des énergies renouvelables tenant compte du passif et de l'actif. Cette méthode a été récupérée, améliorée et utilisée un peu partout sur la planète (sauf au Québec...). Cette étude conclut que l'électricité produite par un grand barrage est majoritairement renouvelable et que l'utilisation de l'éthanol provenant de la culture du maïs dans les transports est une option fortement non-renouvelable. Ce premier pas de l'approche scientifique donne les bases pour distinguer les fausses énergies renouvelables des vraies.

Trois cycles renouvelables sont exploités au Québec : l'eau et le vent (cycle thermomécanique), et celui du carbone (cycle thermochimique). Pour celui de l'eau, il est possible de produire de l'énergie renouvelable. Pour celui du vent, des études seraient requises pour y voir plus clair car l'énergie éolienne est coûteuse. Il faudrait vérifier si ce coût ne cache pas une consommation importante de ressources non-renouvelables. Pour le cycle du carbone, certaines formes d'**énergie non-renouvelable** comme l'**éthanol-maïs** sont produites. Cette réalité incontournable ne doit plus être ignorée et l'éthanol-maïs devrait être banni.

Une fois l'énergie produite, sa transformation et son utilisation doit aussi faire l'objet d'études scientifiques afin qu'il y ait le moins possible de ressources non renouvelables consommées tout au long de ce processus. Pour en arriver à cette fin, les experts scientifiques utilisent l'analyse exergetique comme en fait foi l'abondante littérature sur le sujet (**l'exergie, exprimé simplement, est le travail maximal qui peut être tiré, sur terre, d'un système ou d'une substance**).

Le nœud du problème

Toutes les machines créées et opérées par l'humanité génèrent de l'entropie. **L'entropie, exprimée simplement, est la dispersion de la matière ou de la chaleur.** L'être humain porte naturellement son attention sur l'énergie, car c'est l'énergie qui le fait vivre et qui permet à ses machines de fonctionner. Toutefois, lorsque l'on désire maintenir un équilibre avec la nature qui nous entoure, c'est l'entropie qui est le paramètre de première importance. La nature maîtrise l'entropie de manière admirable (voir les ouvrages de James Lovelock). Notre point de vue biaisé, en ne considérant que l'énergie, nous amène à croire que nos machines sont efficaces et que l'amélioration de l'efficacité de nos machines permettra de régler le problème des GES. En fait, l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère et dans nos océans est un problème d'entropie. La compréhension de l'entropie dans les études scientifiques est un passage obligé dans la recherche de solutions (4).

Par exemple, du sirop d'érable n'est pas la même chose que l'eau d'érable, pourtant les deux contiennent la même énergie (le sucre). Il faut de l'énergie (bois, électricité etc.) pour fabriquer du sirop à partir de l'eau d'érable afin de concentrer la matière dispersée comme le sucre dans l'eau. Penser réduire les GES et surtout de CO₂ de notre atmosphère avec une théorie scientifique qui est incapable de distinguer l'eau d'érable du sirop d'érable apparaît pour le

moins farfelue. Des nombreuses solutions qui sont considérées avec le concept de l'énergie et de sa conservation relèvent d'un monde imaginaire comme celui où l'eau d'érable se transformerait en sirop sans apport d'énergie.

Avec le CO₂ dans l'atmosphère, la terre est devenue comme un gros bocal d'eau d'érable dont on voudrait extraire le sucre. En considérant l'entropie (4), on se rend compte que cette tâche est complexe et ne peut se réaliser sans approche scientifique. L'exergie est un outil utilisé en énergétique qui intègre non seulement l'entropie, mais lie également les analyses effectuées à la chimie de notre biosphère. C'est l'outil de choix, combiné à l'étude des cycles renouvelables, pour s'arrimer à la problématique de la réduction des gaz à effet de serre dans un contexte d'électrification de l'économie.

Réponses aux questions de la consultation

Voici, en rafale, des réponses aux questions du document. Les numéros rapportés ici correspondent à ceux du document de consultation, ceux qui ne sont pas retranscrits n'ont pas été retenus.

1.1 En général : Utiliser des méthodes d'analyse ayant une base scientifique afin de déterminer les meilleures options disponibles. Les méthodes doivent :

- Définir clairement les systèmes analysés dans le contexte global;
- Utiliser la science complète incluant l'entropie;
- Être rendues publiques pour alimenter le débat scientifique;
- Permettre de réduire la consommation des ressources non-renouvelables.

Transports : Intégrer le passif lié aux ressources non-renouvelables dans le choix des modes d'électrification.

Industries : Favoriser l'électrification dans le domaine agro-alimentaire (2). Favoriser la production de biens à valeur exergétique.

Bâtiments : Effectuer des études complètes par analyse exergétique pour réduire la consommation de ressources non-renouvelables en tenant compte du cycle de vie des bâtiments. Utiliser l'analyse exergétique standard pour déterminer le potentiel d'amélioration.

2.1 Abandonner le concept de mobilité au profit du concept d'accessibilité, soit réduire le besoin de déplacement des personnes et des marchandises en créant un milieu de vie agréable, en combattant la centralisation des activités et la désertification alimentaire, loisirs, etc. en zones périphériques.

2.2 En offrant des solutions basées sur la science, il est possible de mobiliser les citoyens, communautés et autres intervenants. Les décisions sans bases scientifiques sont vites décelées et n'ont pas l'habitude de plaire à la population.

2.3 Préserver et améliorer les écosystèmes car ils ont la fonction de réduire l'entropie.

3.1 Faire l'évaluation scientifique avant l'implantation de la technologie. Ne développer l'usage des bioénergies que lorsque le bilan exergétique est positif (3). Ne pas encourager les bioénergies qui entrent en compétition avec le domaine alimentaire.

3.2. Cesser l'utilisation de l'éthanol-maïs comme carburant. Favoriser l'usage direct de la biomasse (exemple : chauffage au bois)

3.3 Si la technologie est très onéreuse, il est probable que la bioénergie ne soit pas renouvelable. Il faut impérativement faire une analyse scientifique pour s'assurer que le coût excessif n'est pas lié à une forte consommation de ressources non renouvelables.

3.4 Les bonnes solutions seront vraisemblablement celles qui auront un bilan environnemental positif et un bilan économique positif.

4.2. Seules les approches qui ont un fondement scientifique doivent être financées.

4.2.2 Selon le paradoxe de Jevons, l'effet contraire au principe d'additionnalité peut survenir. Il faudrait donc déterminer lequel s'applique.

5.1 Voir la réponse 2.1

5.2 Élaborer un plan pour réduire la consommation des ressources non renouvelables, par exemple en utilisant la comptabilité exergétique des ressources.

5.3 Replacer la science au bon endroit dans la démarche, soit en amont des choix et non comme justification en aval. Réviser l'enseignement de la thermodynamique en y incorporant l'exergie.

Recommandations :

Au MELCC :

- *Utiliser des méthodes scientifiques dans le choix des énergies à favoriser, des méthodes de recyclage, etc.*

À Hydro-Québec :

- *Intégrer l'analyse exergétique dans toutes études préalablement au développement énergétique du Québec.*

Au MERN :

- *Effectuer de la comptabilité exergétique des ressources, de leur extraction à leur utilisation finale.*
- *S'assurer que l'exploitation des ressources n'entraîne pas une augmentation de l'entropie de la biosphère.*

Aux groupes environnementaux :

- *S'assurer que les informations et les recommandations relayées aient des bases scientifiques.*

Références

- [1] Berthiaume, R., L'exergie : l'autre façon de faire en analyse énergétique, Journées de l'ingénieur(e), 18 juin 2005, Montréal (Qc)
- [2] YILDIZHAN, Hasan et TAKI, Morteza. Assessment of tomato production process by cumulative exergy consumption approach in greenhouse and open field conditions: Case study of Turkey. *Energy*, 2018, vol. 156, p. 401-408
- [3] Berthiaume, R., Bouchard, C., Rosen, M., Exergetic evaluation of the renewability of a biofuel, *Exergy, an International Journal*, 1(4)(2001) 256-258
- [4] R. Berthiaume and M.A. Rosen, 2017. Limits Imposed by the Second Law of Thermodynamics on Reducing Greenhouse Gas Emissions to the Atmosphere. *Research Journal of Environmental Sciences*, 11: 18-28.