

QUEL ÉQUIVALENT POUR LE kWh DANS LES BILANS ÉNERGÉTIQUES ?

PAR MARCEL BOITEUX

Membre de l'Institut - Président d'honneur d'EDF

Ajouter des quantités de biens hétérogènes n'a de sens que si on pondère ces quantités avec des coefficients adaptés au problème que l'on se pose. S'il s'agit de savoir combien a coûté un panier d'aliments rapportés du marché, on en pondère les quantités par des prix. S'il s'agit de diététique on les pondérera par leur contenu en calories. Et s'il s'agit à l'échelle nationale d'un problème de balance commerciale, on pondérera en devises. Mais additionner les kilos n'a de sens que pour connaître le poids du panier qui pèsera au coude de la ménagère. De même pour l'énergie. Additionner les mégajoules, sans autre précaution, n'a de sens que pour déterminer la quantité totale d'énergie dégradée en chaleur à laquelle aboutiront finalement les processus d'utilisation successive des diverses formes d'énergie dont on additionne les contenus en chaleur. Est-ce bien le réchauffement de l'atmosphère qui est l'unique préoccupation des fabricants de bilans énergétiques ? Ou ne s'agit-il pas plutôt de politique énergétique, donc de substitution d'une forme d'énergie à une autre ? Alors, il faut pondérer les joules.

1. Le problème de l'équivalence énergétique du kWh d'électricité a déjà fait couler beaucoup d'encre : au lieu de compter le kWh pour son équivalent calorifique de 0,86 thermie, soit 3,6 mégajoules, n'avait-on pas décidé ici ou là de considérer qu'un kWh équivaut à 2,22 thermies, soit 9,3 MJ ?

Cette prise de position s'est toujours heurtée aux dénégations des physiciens, qui affirment – non sans raison – qu'un kWh représente l'énergie fournie sous 1 000 watts pendant 3.600 secondes, soit $3,6 \times 10^6$ watts x seconde, c'est-à-dire très précisément 3,6 MJ par définition même du joule ; parallèlement, les statisticiens se sont souvent étonnés que les électriciens s'autorisent à sortir d'un chapeau une équi-

valence qui leur paraît pour le moins arbitraire, et qui ne permet pas, sans artifices *a priori* suspects, de rendre compte du bilan des « pertes » à la production – notamment dans les installations de production combinée d'électricité et de chaleur.

2. En fait, le secteur de l'énergie est le seul dans lequel on s'autorise à additionner, en termes physiques, des quantités hétérogènes de choses de natures très différentes telles que l'électricité, le charbon, l'uranium et le gaz naturel ou le gaz de fumier.

Tant qu'il s'agit de parler, respectivement, de tonnes de pétrole, de m³ de gaz ou de kWh d'électricité, aucun problème. Et même si l'on tient, selon une mode récente et contestable, à utiliser une unité énergétique commune telle que le kWh ou le MJ, rien n'empêche non plus de parler de kWh d'électricité, de kWh de gaz... ou de kWh de pétrole ; encore faut-il qu'on ne cède pas à la tentation d'additionner les quantités ainsi exprimées, sous prétexte que les évaluations sont faites dans une unité commune.

Dans la vie courante, les quantités de caviar, de pommes de terre ou de cuivre s'expriment aussi en kg, sans qu'il vienne à personne l'idée – saugrenue – de les additionner.

3. À vrai dire, il arrive que l'on additionne des quantités de caviar et des quantités de pommes de terre. Mais les poids sont alors pondérés par des prix au kg. Ce que l'on calcule dans ces conditions, c'est la *valeur* marchande d'une livraison.

Il peut même arriver qu'on l'on additionne des quantités de pommes de terre et des quantités de cuivre exprimées en kg pour calculer le *poids* total d'une livraison mixte, et vérifier que la charge à l'essieu du camion transporteur sera tolérable.

On voit aussi, dans les régimes amaigrissants, attribuer des valeurs en calories au kg de caviar comme au kg de pommes de terre, et additionner les contenus en calories d'un menu comportant du caviar en hors d'œuvre et des pommes de terre comme plat principal.

En somme, *tout dépend du problème que l'on se pose* : s'il s'agit de diététique, les quantités hétérogènes à additionner doivent être pondérées par des contenus unitaires en calories ; s'il s'agit de tractations marchandes, les quantités doivent être pondérées par des prix unitaires ; s'il s'agit de calculer un poids total, il faut additionner les kilos.

Mais si l'on ne se pose aucun problème, il ne faut rien additionner du tout et établir les statistiques avec les unités propres à chaque type de matériel : les tonnes d'acier, les mètres de tissus, les hectares de terrain et les litres de vin.

4. Pourquoi donc les spécialistes de l'énergie ont-ils la manie d'additionner des quantités hétérogènes de ressources énergétiques pour dresser des bilans, alors que les spécialistes du bâtiment n'additionnent jamais les tonnes de ciment et les tonnes de charpente, et que ceux de l'alimentation ne le font pas non plus pour les kilos de camembert et les litres de bière ?

C'est sans doute qu'ils ont un problème.

Lequel ?

5. À en juger par les mœurs que voudraient leur imposer les « purs » statisticiens et les physiciens, la préoccupation fondamentale des énergéticiens serait l'échauffement de la croûte terrestre, puisque l'unique intérêt d'additionner des ressources énergétiques évaluées en fonction de leur contenu en chaleur – forme ultime de dégradation de l'énergie – est de cal-

culer la quantité totale de chaleur qui sera dispersée dans l'atmosphère à l'issue de tous les processus auxquels ces ressources énergétiques vont participer.

Ce n'est peut-être pas tout à fait dénué d'intérêt – après tout, la date de la fin du monde en dépend. De même qu'il peut être intéressant d'additionner des kg de caviar et des tonnes de ferraille au cas – rare à vrai dire – où on viendrait à les charger sur le même camion...

Mais on n'a quand même pas l'impression que la préoccupation majeure du statisticien de la Communauté européenne qui établit le bilan énergétique de l'année 2000, pour le confronter à celui de 1980 ou à celui qu'il projette pour 2020, est de comparer les échauffements à en attendre pour l'atmosphère des neuf pays de la Communauté !

6. S'agirait-il plutôt de balance des comptes, dans les pays dont l'approvisionnement en énergie pose des problèmes d'équilibre monétaire ?

Alors, ce n'est pas sur la base de leur équivalence calorifique mais sur la base de leur valeur unitaire en devises fortes qu'il faut évaluer et additionner les énergies – et certaines statistiques douanières sont ainsi établies.

7. En réalité, si les spécialistes de l'énergie dressent des bilans énergétiques, c'est pour fournir une base de réflexion commode aux responsables de la politique énergétique.

Il s'agit de savoir si l'on ne devrait pas développer davantage telle forme d'énergie plutôt que telle autre – ce qui revient à substituer la première à la seconde dans les perspectives énergétiques ; d'examiner s'il ne conviendrait pas, pour certains usages, de remplacer le pétrole par le charbon ou par l'électricité, etc.

Autrement dit, le problème auquel répondent ces bilans n'est :

• ni un problème de poids – les transporteurs en feront leur affaire ;

• ni un problème d'échauffement de la terre (on a déjà bien assez à faire avec l'effet de serre !) ;

• ni un problème de devises : d'autres statistiques sont là pour cela.

C'est un problème de substitution

Il faut donc pondérer les quantités des différentes ressources énergétiques par leur valeur de substitution : à combien de tonnes de charbon peut se substituer une tonne de pétrole ? À combien de grammes de pétrole peut se substituer un kWh d'électricité ?

8. Il est vrai que ces valeurs de substitution ne sont pas toujours les mêmes : elles varient suivant les usages, et peuvent avoir des valeurs quelque peu différentes selon la structure des économies nationales, et notamment leur niveau de développement.

On ne peut donc se référer qu'aux substitutions les plus fréquentes dans un état donné de la situation énergétique.

Doit-on considérer alors que les valeurs de substitution à retenir ont un caractère trop circonstanciel pour qu'on puisse en user dans des statistiques ? Si oui, cela signifie que les problèmes de substitution énergétique sont tous des cas d'espèce, *et il faut alors renoncer à faire des bilans globaux* : on ne fait pas de bilans pour l'ensemble des biens alimentaires, ni pour l'ensemble des matières minérales ; pourquoi faudrait-il en faire quand même pour l'énergie ?

Ou bien l'on considère que, dans le secteur de l'énergie, les plages de substitutions possibles pendant la trentaine d'années à venir sont relativement bien définies, qu'elles sont assez peu différentes d'un pays à l'autre, et que les valeurs de substitution à retenir pour faire des bilans sont, dans ces conditions, relativement précises et stables. Alors, ce sont ces valeurs approximatives qu'il faut retenir ; et, comme les statisticiens ont besoin de chiffres précis, il appartient aux grands organismes internationaux de décider, dans la plage des valeurs possibles, les valeurs conventionnelles que l'on retiendra.

Mais renoncer aux valeurs de substitution parce que leur estimation précise ne s'impose pas de façon objective, et établir quand même des bilans sur la base de coefficients que la physique définit avec précision *mais qui n'ont aucun rapport avec le problème posé*, c'est imiter le fameux ivrogne qui, la nuit, ayant perdu son briquet de l'autre côté de la rue, le cherchait sous le réverbère parce que « là, au moins, on y voit »...

9. Concluons donc que :

— ou bien, les bilans n'ont aucune utilité pour éclairer les problèmes de politique énergétique, et il faut renoncer à en faire. On parlera de joules d'électricité ou de joules de gaz, sans jamais songer à les additionner, pas plus qu'on ajouterait des kg de caviar à des kg de ferrailles ;

— ou bien ces bilans sont utiles pour apprécier les diverses manières d'ajuster globalement la demande et l'offre d'énergie, eu égard aux possibilités qui s'offrent de remplacer une forme d'énergie par une autre, et ce sont les valeurs de substitution qu'il faut retenir pour définir les équivalences entre formes d'énergie et rendre les quantités de celles-ci additives.

Alors, un kWh d'électricité n'équivaut pas à 3,6 MJ mais à nettement plus. En effet, à la production, il faut 222 g de pétrole à 10.000 thermies la tonne, soit 9,3 MJ, pour produire un kWh ; dans ces conditions, la valeur de substitution d'un kWh à la production n'est pas de 3,6 MJ mais de 9,3 ; et la quantité d'uranium, ou de force hydraulique, qui permet de produire 1 kWh sera comptée aussi pour 9,3 MJ puisqu'elle se substitue à 9,3 MJ de pétrole.

À la consommation, le choix d'une valeur d'équivalence est plus difficile. Il y a une vingtaine d'années, avant que les politiques vigoureuses d'économies d'énergie aient notablement amélioré les rendements d'emploi des énergies fossiles, la plage des substi-

tutions s'étalait de 4 à 40 MJ pour 1 kWh, avec une certaine concentration des substitutions entre 7 et 12 MJ, soit une dizaine de MJ. Ce qui avait conduit à retenir 9,3 MJ à seule fin de simplifier les calculs en recourant à la même équivalence qu'à la production. Il fallait bien choisir un chiffre aux alentours de 10, et celui-ci avait le mérite d'unifier les équivalences.

Cette valeur de 9,3 MJ est sans doute excessive aujourd'hui, face aux principales substitutions envisageables. Le moment était donc venu de définir une nouvelle valeur d'équivalence à l'intention des statisticiens. Il semble, aux dernières nouvelles, que non contents de se jeter à l'eau pour élaborer une nouvelle proposition, les responsables s'y soient noyés : à la consommation le kWh d'électricité vaudra dorénavant 3,6 MJ, les électriciens étant priés de faire comme tout le monde !

Les bilans seront donc établis dorénavant en énergie dégradée - la chaleur en l'occurrence - ce qui n'est d'une réelle utilité que pour les spécialistes de la thermodynamique du globe. Quant aux responsables de la politique énergétique, ils devront se rappeler que ces bilans ne sont pas faits pour eux.

Mais pour qui alors ?

*

* *

NOTA - Il reste que, pour un physicien, poser qu'un kWh n'est pas équivalent à 3,6 MJ mais à plus, constitue un véritable scandale.

L'origine de ce scandale doit être clairement comprise.

Personne n'est choqué quand on pose qu'une tonne de pétrole représente 10.000 thermies, ou qu'un m³ de gaz en représente 7 000, parce qu'on use d'unités différentes pour mesurer respectivement la ressource et son contenu énergétique utile.

Si, au lieu d'exprimer en kWh les quantités d'électricité distribuées sur un réseau, on les exprimait à l'aide d'une unité spécifique, l'« electra » par exemple, personne ne serait choqué qu'on pose qu'un electra équivaut à 5 ou 10 MJ, parce qu'on distinguerait spontanément la mesure en electra de la ressource qu'est l'électricité, et celle, en joules, de sa contribution énergétique dans les bilans.

On parlerait alors de barils de pétrole, de tonnes de charbon, de « gasons » de gaz et d'electras d'électricité, et on leur affecterait des équivalents énergétiques en tep (tonnes d'équivalent pétrole), en kWh ou en MJ, sans que personne n'y trouve à redire.

C'est parce que les électriciens ont eu la prétention de mesurer directement leur produit en termes énergétiques - considérant que ledit produit était utilisable pratiquement sans perte - que la confusion est née.

Le jour où d'autres producteurs de ressources énergétiques ont prétendu, eux aussi, utiliser des unités énergétiques pour mesurer leur produit - le gaz est mesuré aujourd'hui en kWh - alors que les performances de ces énergies au niveau de l'utilisation finale sont chacune différente, la confusion a été portée à son comble.

Le mal est fait, et l'on voit déjà des statistiques dans lesquelles le pétrole, lui-même, est compté en kWh ou en joules...

À défaut de pouvoir revenir en arrière, admettons-le une fois pour toutes : il n'y a pas plus de rapport entre un kWh de pétrole et un kWh d'électricité dans le secteur énergétique qu'il n'y en a entre une tonne d'artichauts et une tonne de beefsteak dans le secteur alimentaire ; et il est donc absurde de les additionner. Si l'on veut faire des bilans à des fins de politique énergétique, il faut affecter à chacun de ces kWh un coefficient d'équivalence... et tant pis si le kWh d'électricité n'équivaut plus à 3,6 MJ comme le voudrait l'arithmétique des énergies dégradées : on ne parle pas de la même chose ■