

Les besoins d'énergie

Bertrand CHÂTEAU

Août 2015



Sommaire

1.	Les besoins d'énergie : une notion réductrice	2
2.	Les besoins d'énergie des personnes : expression d'une norme sociale	2
3.	Les besoins du secteur productif : expression d'une demande de services énergétiques	5
4.	Les besoins d'énergie s'inscrivent dans un paradigme énergétique	7
5.	Peut-on mesurer les besoins d'énergie par les consommations d'énergie ?	8
5.1.	Distortions possibles entre consommations énergétiques et besoins	8
5.2.	La consommation finale, reflet des besoins d'énergie des consommateurs ?	9
5.3.	La consommation primaire comme indicateur global des besoins d'énergie d'un pays	10
6.	Comment « lire » les consommations énergétiques ?	10
6.1.	Les consommations commerciales	10
6.2.	Les consommations non commerciales	11
7.	La variabilité des besoins d'énergie dans l'espace et le temps	12
7.1.	Économie et climat, les deux grandes causes de différenciation spatiale des besoins d'énergie par habitant	
7.2.	Sur longue période, un découplage entre consommations énergétiques et besoins	15
	Bibliographie.....	17

Litres d'essence ou de gazole achetés dans une station-service, kilowattheures affichés au compteur de son domicile : ces diverses consommations d'énergie sont familières. Mais à quoi servent-elles réellement ? Impossible de le dire sans s'intéresser aux besoins que les consommations d'énergie permettent de satisfaire.

1. Les besoins d'énergie : une notion réductrice

À un moment donné, vouloir de la mobilité se traduit souvent par le recours à une voiture qui elle-même consomme du gazole ou de l'essence, à tant de litres par kilomètre parcouru. D'où l'assimilation courante entre le besoin de mobilité et le besoin d'essence ou de gazole. Parler ainsi de **besoins d'énergie**, comme on l'entend fréquemment, est commode, mais réducteur, sinon incorrect.

En effet, ni les individus ni les entreprises n'expriment un besoin particulier de gaz, de pétrole ou d'électricité. Les premiers demandent de la mobilité ou du confort. Les secondes veulent faire tourner des machines.

Pour désigner les besoins que les consommations d'énergie permettent de satisfaire, on utilisera de préférence la notion de **besoins réels** s'agissant des individus et de **besoins de services énergétiques** pour le système productif.

2. Les besoins d'énergie des personnes : expression d'une norme sociale

La notion même de **besoin réel** que l'énergie permet de satisfaire est ambiguë, et demande à être clarifiée. À la base, on retrouve bien sûr une notion physiologique : manger, boire, dormir, être à l'abri, mais au fur et à mesure que les sociétés progressent, la notion de besoin change. Elle englobe de façon croissante des dimensions culturelles et sociales (Tableau 1).

Les besoins associés au fait de manger ne signifient pas la même chose en France et en Afrique rurale au regard de l'énergie. Ici le congélateur et le micro-onde, là le foyer ouvert et quasi continu. Parler de besoin de mobilité ou d'accessibilité ne signifie pas la même chose dans la France du XXI^e siècle ou celle du XIX^e. Aujourd'hui, l'horizon est plutôt celui des frontières européennes, voire de la planète entière, hier c'était souvent celui du village. Même chose pour le confort: chacun aspire maintenant à se chauffer à 20-22 °C dans toutes les pièces alors qu'il y a encore peu, une cheminée ou un poêle dans la pièce à vivre était la norme.

Quand on parle des besoins que l'énergie permet de satisfaire, il faut en fait dissocier deux notions essentielles : la norme sociale et la distance à cette norme.

Tableau 1 : Typologie des besoins humains que l'énergie permet de satisfaire

Fonction socio-économique	Besoins à satisfaire
Alimentation	<ul style="list-style-type: none"> - préparation des repas - conservation des aliments - nettoyage, séchage
"Tanière" (confort, santé, sécurité)	<ul style="list-style-type: none"> - chauffage/climatisation - hygiène - éclairage - ventilation, humidification/dessiccation - surveillance, sécurité
Loisirs, temps pour soi	<ul style="list-style-type: none"> - culture - information - communication - jeux
Mobilité	<ul style="list-style-type: none"> - accession au travail - accession aux aménités courantes: école, magasins, lieux de culture, de culte, ... - lien social et familial - escapades, vacances

La **norme sociale** revêt deux caractéristiques majeures : un mode d'expression (du besoin) et une intensité. En France, la norme sociale actuelle du chauffage est celle d'un chauffage généralisé de toutes les pièces du logement et d'une température uniforme de 20-22°C. La norme sociale pour la mobilité est d'avoir à sa disposition en permanence un mode de déplacement rapide (le plus souvent une voiture) et d'avoir une pleine liberté pour décider et accomplir son programme d'activité de la journée où que l'on habite: aller au travail, amener les enfants à l'école, faire ses courses.



Fig. 1 : Cuisinière traditionnelle – source: Karsten Paulick, Pixabay

La **distance à la norme sociale** est l'écart entre ce à quoi on aspire (la norme) et ce que l'on peut réellement faire compte-tenu de ses ressources et du coût de satisfaction des différents besoins (Lire [Brève introduction à la sociologie de l'énergie](#)). On constate que selon les besoins, la distance moyenne à la norme sociale est plus ou moins grande car elle varie avec le taux d'équipement plus ou moins élevé (possession d'un climatiseur ou d'une imprimante), ou la température de chauffage. Ce constat traduit deux phénomènes liés, sous-jacents à la dynamique des besoins : l'effet d'imitation et l'inégalité des revenus.

L'**effet d'imitation** traduit le fait que la norme sociale est généralement tirée par les classes les plus aisées de la population: leurs surplus de revenu leur permettent d'acheter de la nouveauté.

L'**inégalité des revenus**, qui est précisément le facteur-clé d'évolution de la norme sociale, est aussi le facteur de distance moyenne à cette norme : plus l'évolution de la norme est récente, plus la distance moyenne à cette norme est grande.

Il existe en ce début de XXI^e siècle une controverse grandissante quant aux modalités d'expression de certains besoins (et donc des normes sociales attachées) et à leur légitimité. L'association Negawatt, par exemple, définit certains besoins, ou plus exactement l'expression de certains besoins, comme superflus, voire extravagants (Lire [Le scénario négaWatt 2011](#)). Cette controverse est pertinente en ce sens qu'elle questionne l'expression des besoins (Tableau1) et l'évolution corrélative des normes sociales au regard de leurs conséquences sur les ressources et sur l'environnement. De ce point de vue, force est de constater que les limites physiques de la planète, telles que les ressources pétrolières ou la capacité d'absorption du CO₂, sont effectivement de plus en plus présentes.

Derrière cette question se cache le concept de **sobriété**. Celui-ci traduit une volonté consciente de contenir la dynamique des besoins à un niveau de compatibilité avec les limites physiques de la planète, en tenant compte du fait que les distances aux normes sociales se réduiront nécessairement avec le temps, ce qui impulsera irrémédiablement une croissance des besoins d'énergie, même sans apparition de nouvelles normes sociales.



Fig. 2 : Ancien téléviseur – source: Tomasz Mikołajczyk, Pixabay

Avec la **globalisation** et le « village mondial », la question des normes sociales prend une nouvelle dimension. Dans le monde largement fragmenté et peu communicant des siècles passés, la dimension culturelle spécifique aux pays l'emportait largement sur la fixation des normes sociales, le plus souvent dans le respect implicite des équilibres naturels locaux. Il n'en est plus rien dans une très large partie du monde actuel, en particulier le monde urbain. Le tourisme, puis la télévision et finalement internet ont révélé à tout un chacun comment s'exprimaient les besoins de par le monde, mondialisant l'effet d'imitation et la frustration de l'inégalité des revenus. En 2015, le cadre chinois de Pékin a fait siennes les normes sociales de besoins des États-Unis ou de l'Europe, et n'a de cesse d'y accéder. Ce phénomène amplifie considérablement le sujet de la controverse sur la pertinence des besoins : on montre ainsi facilement que si tous les chinois avaient le même standard de vie que l'américain moyen d'aujourd'hui, nous aurions besoin de quatre planètes !

3. Les besoins du secteur productif : expression d'une demande de services énergétiques

Dans le secteur productif, il n'y a pas à proprement parler de besoins que l'énergie permettrait de satisfaire, mais une **demande de services énergétiques**, assimilée ici aux besoins d'énergie, qu'induit la production de biens et de service, et donc la création de richesse qui en résulte.

Cette production requiert du capital technique (les machines), de la main d'œuvre, et des matières premières.

Chacun de ces facteurs de production implique à des degrés divers des besoins d'énergie spécifiques (Tableau 2) :

- **besoins** dits **de process**, liés au capital technique : machines, fours, chaudières, camions (Lire par exemple [Les échangeurs de chaleur](#)) ;
- **besoins** dits **d'environnement**, liés aux conditions de travail de la main d'œuvre ;
- **besoins** dits **de matière première**, quand cette dernière est un produit énergétique tel que le gaz pour la production d'azote ou le naphta pour la pétrochimie.

Selon le type d'activité productive, de l'industrie lourde aux services tertiaires, la part respective de ces trois composantes peut varier considérablement, et par là les besoins d'énergie associés (Tableau 2).

Tableau 2 : Typologie des besoins d'énergie du secteur productif

Facteurs de production	Besoins à satisfaire
Capital technique/ <i>process</i>	<ul style="list-style-type: none"> - production de vapeur - fours - machines - électrolyse - conversions chimiques - automatismes, régulations, ... - levage et transport de marchandises - terrassement - transport de personnes
Main d'oeuvre/ <i>environnement</i>	<ul style="list-style-type: none"> - chauffage/climatisation - hygiène - éclairage - ventilation, humidification/dessiccation - surveillance, sécurité - information et communication
Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> - production de bases pétrochimique - production d'azote - production d'électrodes - production de bitume - production de produits chimiques divers

La façon dont ces besoins d'énergie sont liés à la création de richesse varie selon la nature des besoins.



Fig. 3 : Besoins d'énergie de process – source : Michael Gaida, Pixabay

Les **besoins de *process*** sont déterminés essentiellement par le volume physique de la production. Mais leur lien avec la création de richesse dépend étroitement du lien entre volume physique et création de richesse,

c'est-à-dire des conditions économiques de la production. On peut ainsi avoir simultanément moins de richesse créée et plus de besoins d'énergie - ou l'inverse- selon l'évolution de ces conditions économiques.

Les **besoins d'environnement** sont déterminés fondamentalement par le niveau d'emploi, mais également, par les normes sociales en vigueur relatives au confort et à la santé, et, de plus en plus, par les gains de productivité de l'emploi (notamment ceux liés à l'information et à la communication). Leur lien avec la création de richesse dépend d'abord de la structure de l'emploi entre les diverses activités économiques, du lien entre création de richesse et évolution des normes sociales, et enfin des gains de productivité sous-jacents à la création de richesse.

Les **besoins de matières premières** sont très étroitement déterminés par les volumes physiques des activités de production ayant recours aux matières premières en question. Leur lien avec la création de richesse dépend étroitement du poids de ces activités dans l'économie et, comme pour les besoins de **process**, du lien entre volume physique et création de richesse, c'est-à-dire des conditions économiques de la production.

4. Les besoins d'énergie s'inscrivent dans un paradigme énergétique

Dans un même environnement technique, l'assimilation entre besoins d'énergie et besoins réels ou de services énergétiques ne porte pas à conséquence: il y a bien une forme de proportionnalité entre les besoins de mobilité ou de confort, et les quantités de produits énergétiques requises pour les satisfaire. Autrement dit, les modalités d'expression des besoins sont intrinsèquement liées à des systèmes techniques et aux services énergétiques qui en font partie. Prenons deux exemples.

Le **besoin de confort thermique** l'hiver en France s'exprime, dans la norme sociale actuelle, par le chauffage central (ou généralisé à toutes pièces). Dans le cas le plus fréquent, c'est un système technique couplant une alimentation en gaz, et donc un réseau gazier, ou une cuve de fioul, donc un système de distribution de fioul, une chaudière, un circulateur d'eau chaude, des radiateurs et un régulateur, auquel est associé un service énergétique particulier, la distribution de chaleur par pièce.

Le **besoin d'accès au travail** ou aux aménités de la vie quotidienne, pour quelqu'un habitant une maison en banlieue, s'exprime, dans la norme sociale actuelle, par la disposition d'une ou de plusieurs voiture(s). Celle-ci est une composante d'un système technique dans lequel on retrouve l'infrastructure routière, l'infrastructure de stationnement et la distribution de carburant. Le service énergétique associé est le déplacement individualisé d'une ou plusieurs personnes à une certaine vitesse, dans certaines conditions de confort et de sécurité.

En revanche, lorsque l'**environnement technique** change, l'assimilation entre besoins d'énergie et besoins réels ou de services énergétiques n'est plus possible, comme tout un chacun a pu en faire l'expérience : si je remplace ma voiture par un scooter, si j'isole ma maison, si je produis de l'acier à partir de ferrailles recyclées plutôt que de minerai de fer, les quantités nécessaires de produits énergétiques seront moindres, alors que les besoins sous-jacents – mobilité, confort, production d'acier – resteront les mêmes. On peut alors fort bien avoir en même temps un accroissement des besoins réels (plus de kilomètres parcourus, une température intérieure plus élevée, une production plus grande) et une diminution de la demande de produits énergétiques.

Or, comme la technologie change continûment, l'assimilation des besoins que l'énergie permet de satisfaire à des besoins d'énergie, et **a fortiori** la demande énergétique, pose problème. Et ce d'autant plus si l'on se situe sur des horizons temporels longs (passés ou à venir), au cours desquels les changements techniques sont nécessairement importants. S'intéresser aux besoins d'énergie, au sens de la demande d'énergie observée, est certes nécessaire pour comprendre le fonctionnement et la dynamique du système

énergétique, mais il ne faut pas les confondre avec les besoins réels à satisfaire, et ne pas omettre de s'interroger sur les liens entre les deux.

Cette question est d'autant plus critique que les **systèmes techniques** ne sont pas neutres par rapport aux besoins réels. Lorsqu'une personne accède à la voiture, sa mobilité explose ; quand on construit une tour de verre, le besoin de climatisation explose. Et l'on observe un lien profond entre les énergies que l'on mobilise : le charbon, le pétrole, le gaz, l'électricité, et l'évolution des systèmes techniques. La voiture que l'on connaît est intrinsèquement liée au pétrole (on parle même de système technique fermé, **lock-in** disent les anglo-saxons), comme la machine à vapeur l'a été au charbon à ses débuts.

C'est en cela que l'on parle de **paradigme énergétique** : le système que forment, à un moment donné, les énergies dominantes (les énergies fossiles aujourd'hui), les technologies qui en sont dérivées, les besoins qu'induisent ces technologies et le rapport entre ces besoins et la demande de produits énergétiques qui en résulte. Autrement dit, l'émergence de nouvelles modalités d'expression des besoins résulte généralement d'un processus d'innovation technique, lequel conduit aussi simultanément à l'imposition d'un système technique particulier et aux besoins de services énergétiques qui y sont associés. Dans de nombreux cas, ce processus d'innovation s'inscrit dans un processus plus large de développement et de domination de telle ou telle forme d'énergie: avant-hier le charbon (et la machine à vapeur, le chauffage central), hier le pétrole (et la voiture), demain les énergies renouvelables (?). Dans le cadre d'un paradigme technique donné, les besoins d'énergie s'expriment fondamentalement par ce que l'on appelle des **besoins d'énergie utile** : thermique, mécanique ou électrique...

Cette observation est capitale pour comprendre la dynamique des besoins d'énergie : sous-tendus par la dynamique des besoins réels et des services énergétiques associés, ils sont en partie déterminés par l'évolution de l'offre d'énergie et ne sont nullement exogènes à cette offre. Sur le long terme, il est donc incorrect de raisonner de façon purement séquentielle : a) quels seront les besoins? ; b) quelle sera la demande d'énergie? ; c) comment l'offre répondra à cette demande? Seule la considération de l'ensemble « besoins - demande – offre » dans une vision systémique est réellement pertinente.

Ainsi, lorsque le débat énergétique remet en cause la domination des énergies fossiles, pour des raisons de ressources et d'environnement, et défend des ambitions fortes sur les énergies renouvelables ou l'énergie nucléaire, il s'inscrit bien dans une remise en cause du paradigme énergétique contemporain, et il oblige donc à questionner tant les besoins à satisfaire, que la façon dont ils s'articulent avec la demande de produits énergétiques.

5. Peut-on mesurer les besoins d'énergie par les consommations d'énergie ?

Communément, on mesure les besoins d'énergie à partir des **consommations d'énergie**, telles que les révèlent les statistiques et les bilans énergétiques. Cette façon de procéder soulève la question de l'assimilation des besoins à la consommation énergétique.

5.1. Distorsions possibles entre consommations énergétiques et besoins

La consommation énergétique, telle que saisie par l'appareil statistique, reflète d'une part la comptabilisation des achats d'énergie par les consommateurs, d'autre part une estimation des prélèvements directs effectués par les consommateurs dans la nature (le bois, l'énergie solaire).

Les **achats d'énergie** résultent de la rencontre d'une demande (fonction d'un prix) et d'une offre (également fonction d'un prix). En théorie, la demande traduit les quantités souhaitées en fonction du prix. En théorie donc, en l'absence de contrainte sur l'offre, les achats expriment l'intensité des besoins pour un régime de prix donné. En pratique, cette assimilation des achats aux besoins (pour un régime de prix donné) souffre d'un double biais : la réalité des contraintes d'offre dans de nombreux pays; la distorsion introduite par les rendements d'utilisation des énergies.

Concernant les achats d'énergie, les **contraintes d'offre** sont principalement de deux natures: les défaillances dans la mise à disposition de l'énergie (coupures d'approvisionnement) et l'absence de desserte de certaines sources d'énergie dans certaines zones. Ces contraintes sont généralement inversement proportionnelles au niveau de développement économique. Les biais qui en résultent quant à l'assimilation de la consommation aux besoins sont d'autant plus importants que le PIB par tête est faible.



Fig. 4 : Calculer sa consommation d'énergie – source: Steve Buissinne, Pixabay

Par ailleurs les statistiques de consommation ne traitent que des quantités de produits énergétiques : bois ; gaz ; pétrole ; charbon ; électricité ; que l'on a achetées ou prélevées et ne disent rien sur la quantité d'énergie utile délivrée par ces produits (thermique, mécanique, lumineuse, électrique...), qui peut l'être dans des proportions différentes selon les énergies et leurs rendements d'utilisation. Des besoins identiques d'énergie utile peuvent ainsi se traduire par des consommations d'énergie différentes selon le mix des énergies consommées. Il y a là une autre source de biais dans l'assimilation des besoins à la consommation, d'autant plus forte que le recours aux énergies et technologies à faible rendement (bois, charbon de bois, tourbe) est important.

Pour ce qui est de la **composante prélèvement direct de la consommation**, la principale contrainte d'offre susceptible de distordre la relation besoins-consommation est due à la déforestation, particulièrement sensible dans les pays les plus pauvres.

Compte-tenu de ces distorsions possibles entre consommation et besoins, en quoi les statistiques et bilans énergétiques nous renseignent-ils sur le niveau des besoins ? On distinguera ici deux niveaux de réponse : celui des besoins des consommateurs finals et celui des besoins d'un pays.

5.2. La consommation finale, reflet des besoins d'énergie des consommateurs ?

Pour ce qui est des consommateurs finals, un constat s'impose. Le plus souvent, les **statistiques de consommation d'énergie finale** (au niveau des consommateurs finals) ne détaillent que (i) les grands secteurs consommateurs: industrie (éventuellement par branche) ; ménages ; services ; transport ; agriculture ; usages non énergétiques, et (ii) les grandes formes d'énergie: produits pétroliers ; gaz ; charbon ; électricité ; biomasse ; biocarburants ; chaleur de réseau ; solaire.

Cette segmentation statistique de la consommation ne nous renseigne donc, au mieux, que sur le niveau d'ensemble des besoins d'énergie d'un secteur de consommation, mais nullement sur les besoins réels sous-jacents ni sur les besoins de services énergétiques associés. Par exemple, les statistiques sur les consommations de gazole ou d'essence des transports ne nous renseignent nullement sur les besoins d'énergie-transport des ménages, *a fortiori* sur leurs besoins de mobilité et les besoins de services énergétiques associés. Affiner structurellement les statistiques de consommation en vue de mieux connaître la réalité des besoins d'énergie (et des besoins réels sous-jacents) pour mieux les satisfaire est un enjeu crucial pour les politiques énergétiques, à la fois dans leur dimension « efficacité énergétique » et dans leur dimension « approvisionnement ».

5.3. La consommation primaire comme indicateur global des besoins d'énergie d'un pays

Au niveau d'un pays pris dans son ensemble, c'est la **consommation d'énergie primaire** que l'on utilise habituellement pour apprécier les besoins. La consommation d'énergie primaire recouvre celle des sources d'énergie dites primaires, considérées avant transformation (pétrole brut, gaz naturel, charbon, électricité non produite par combustion (nucléaire, hydraulique, éolienne, photovoltaïque, marémotrice...), autres renouvelables), plus le solde import-export de produits énergétiques dérivés (produits pétroliers, électricité). Il va de soi que cette consommation primaire ne peut donner qu'une vision globale des besoins.

Mais force est aussi de constater que cette vision est très polarisée par le mix des énergies entrant dans cette consommation primaire, et leur destination. Par exemple, selon que l'on produit l'électricité à partir principalement d'hydraulique comme en Norvège, de gaz comme aux Pays Bas ou de nucléaire comme en France, un même besoin d'électricité se traduira par une consommation primaire d'énergie très différente, dans un rapport de 1 à 2 ou à 3.

6. Comment « lire » les consommations énergétiques ?

Outre les réserves émises précédemment en terme d'interprétation, il convient de ne pas exploiter les données de consommation d'énergie sans un minimum de précautions méthodologiques (Lire [Le bilan énergétique](#)).

6.1. Les consommations commerciales

Intéressons-nous d'abord à la composante des consommations correspondant aux achats de produits énergétiques, de loin la plus fiable. Chaque produit énergétique commercial fait l'objet d'un comptage, sur la base duquel est établie la facture d'achat. Les instruments de comptage sont bien sûr adaptés aux différentes formes d'énergie : gaz ; solide ; liquide ; électricité ; chaleur.

Le comptage se fait en **unités physiques** spécifiques : m³ ; tonne ; ou kWh. La comptabilité énergétique consiste alors à récolter et compiler ces données, puis à les restituer dans des formats et des unités standards, selon des règles précises et universelles.

Pour les formats, ces règles visent à harmoniser le contenu des postes de consommation selon les secteurs de consommation et les catégories de produits énergétiques. Il est par exemple convenu de comptabiliser

l'essence achetée par les ménages pour leurs voitures dans le secteur « transport » et non dans le secteur « résidentiel » (ou ménages).

Pour les unités, ces règles visent à ramener toutes les unités spécifiques des produits énergétiques à une seule et même unité énergétique : unités de la physique (Joule ou Kwh) ou unités d'énergéticien (tonnes équivalent pétrole (tep) ou tonne équivalent charbon (tec)). Ces unités sont basées fondamentalement sur la notion de contenu calorifique l'énergie qu'une réaction de combustion est susceptible de fournir selon les lois de la physique, l'enthalpie de l'eau chaude ou de la vapeur (en fonction de la différence de température avec la température ambiante), la chaleur produite par 1 kWh par effet joule sans perte.

Pour **l'énergie finale**, ces règles ne soulèvent aucune difficulté hormis le fait qu'elles ne prennent pas en compte les rendements d'usage de ces énergies et ne permettent donc pas de rendre compte de la réalité de l'énergie utile sous-jacente.

Pour **les énergies primaires**, les choses sont plus compliquées dès lors que notion de contenu calorifique de certaines énergies primaires pose problème, c'est le cas de l'énergie nucléaire et de certaines énergies renouvelables. Pour le nucléaire, faut-il considérer le potentiel calorifique de l'uranium enrichi, la chaleur captée par les fluides caloporteurs des réacteurs nucléaires (eau légère, eau lourde, sodium, gaz) ou le contenu calorifique de l'électricité produite? Pour le solaire, faut-il considérer la chaleur solaire reçue par la surface de captage, la chaleur captée par les fluides caloporteurs des panneaux solaires ou le contenu calorifique de l'électricité produite? Pour l'hydraulique, le vent, l'énergie des mers, comment faire? Les règles internationales imposées par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) donnent des réponses précises à ces questions, mais toujours sujettes à discussion, et susceptibles d'évoluer dans le temps. En 2014, l'énergie nucléaire primaire est ainsi comptabilisée conventionnellement à partir de l'électricité produite, en considérant un rendement conventionnel de transformation électricité/chaleur de 30%. L'électricité primaire produite à partir de la géothermie est comptabilisée de la même façon, mais avec un rendement conventionnel électricité/chaleur de 10%. L'électricité primaire produite à partir de l'eau, du soleil ou du vent est comptabilisée avec un rendement conventionnel de 100%. Comme on l'a montré plus haut, ces règles peuvent fausser significativement l'appréciation que l'on peut avoir du niveau de besoin énergétique d'un pays, et demandent donc une grande vigilance dans l'interprétation des chiffres.

6.2. Les consommations non commerciales

L'autre composante des consommations énergétiques, celle liée aux prélèvements directs dans la nature, soulève des problèmes différents.

Le premier problème, de loin le plus important, tient aux **méthodes d'estimation** de ces prélèvements. Faut de système de mesure et d'enregistrement, force est de s'appuyer sur d'autres sources d'information et d'autres méthodes d'accès à l'information. Le plus souvent, les autres sources d'information ont trait aux équipements utilisés, et l'accès à l'information se fait par le biais d'enquêtes. La méthode consiste ainsi à estimer le nombre de consommateurs équipés en foyer ouvert, en chauffe-eau solaire ou en photovoltaïque et les consommations unitaires telles que le volume de bois par ménage et par semaine ou la surface des panneaux solaires puis à multiplier l'un par l'autre pour estimer les consommations. La qualité de l'estimation est donc étroitement liée à la qualité des enquêtes et à leur actualité.

Force est de reconnaître que la fréquence des enquêtes, et donc la qualité des estimations, sont souvent proportionnelles au niveau de développement économique des pays, alors que c'est l'inverse pour l'importance des prélèvements directs. D'où ce paradoxe qu'il faut bien garder à l'esprit, plus les prélèvements directs sont importants (en termes relatifs), plus leur estimation est sujette à caution, et moins ils renseignent sur la réalité des besoins.

L'autre problème tient aux **règles comptables** appliquées aux énergies faisant l'objet de prélèvements directs. Pour la biomasse, de loin l'énergie la plus concernée, la règle comptable du contenu calorifique se heurte à la grande diversité des produits entrant dans la dénomination générique « biomasse » composée de diverses essences de bois et de nombreux déchets agricoles. La connaissance des volumes prélevés peut être relativement fiable sans que leur traduction en unités énergétiques standard le soit. Sans compter le fait que les rendements d'utilisation de cette biomasse sont généralement très faibles, ce qui éloigne d'autant les consommations d'énergie estimées des besoins d'énergie utile et des besoins réels. Pour le solaire thermique ou photovoltaïque, plus embryonnaire mais promis à un grand développement, la règle comptable consiste à stipuler de façon conventionnelle une certaine quantité d'énergie par m² de capteur. Cette règle a certes le mérite de la simplicité, mais elle se heurte à deux obstacles: la méconnaissance des m² solaires en état réel de fonctionnement, le rendement réel moyen des capteurs. D'où de grandes divergences d'estimation de la consommation d'énergie solaire selon les sources.

7. La variabilité des besoins d'énergie dans l'espace et le temps

Si on ne peut approcher la réalité des besoins d'énergie dans le temps et dans l'espace que par les consommations énergétiques, finales et primaires, il faut rester attentif aux possibles distorsions induites par le système statistique. Ces réserves étant formulées, que nous apprennent les statistiques de consommation ?

7.1. Économie et climat, les deux grandes causes de différenciation spatiale des besoins d'énergie par habitant

L'économie, on l'a vu, détermine les besoins réels sous-jacents aux besoins énergétiques, soit du fait des normes sociales et de la distance moyenne à ces normes pour les personnes, soit du fait de l'activité de production. Parmi ces besoins réels, ceux ayant trait au confort (dans les logements ou dans les lieux de production) induisent des besoins d'énergie d'autant plus importants (en termes absolus et relatifs) que les conditions climatiques (températures externes) sont rigoureuses.

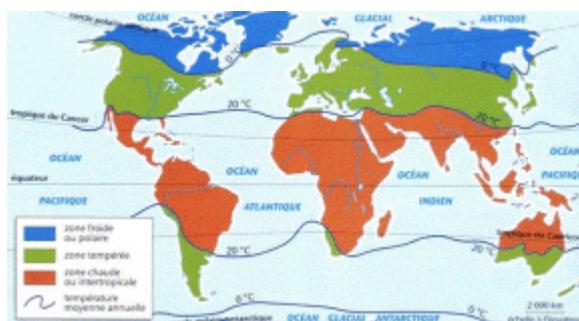


Fig. 5 : Carte des climats dans le monde – source : www.pass-education.fr

L'analyse, pour une année donnée, des consommations énergétiques de différents pays du monde situés dans des zones climatiques différentes (Figure 5), et ayant des niveaux de développement économique variables, permet de mesurer et mieux comprendre l'influence respective de l'économie et du climat.

Considérons d'abord le lien entre consommation énergétique et **niveau de développement de l'économie**, tel que reflété par le PIB par habitant (PIB/cap), pour des zones climatiques homogènes (degrés-jours similaires pour les zones tropicales, tempérées ou froides) (Figures 6 a, b et c).

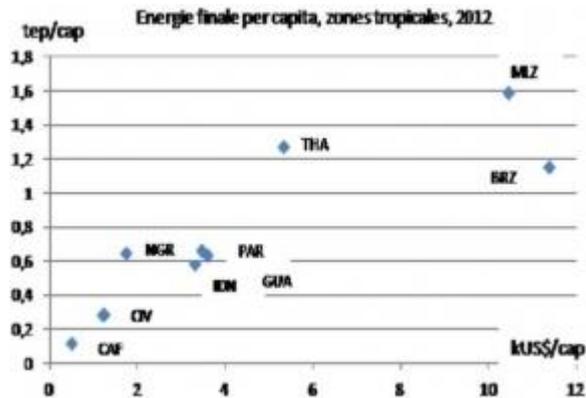


Fig. 6a : Énergie finale par habitant en zones tropicales – source: Enerdata

Première observation : les écarts de consommation d'énergie par habitant, et donc de besoins énergétiques, même au sein d'une même zone climatique, sont considérables. **A fortiori** si l'on considère l'ensemble du monde.

Ainsi, la consommation finale par habitant en 2012 s'échelonne, selon les pays, entre 0,1 tep/cap (République Centre-africaine) et 6 tep/cap (Canada), soit un facteur 60 entre les deux.

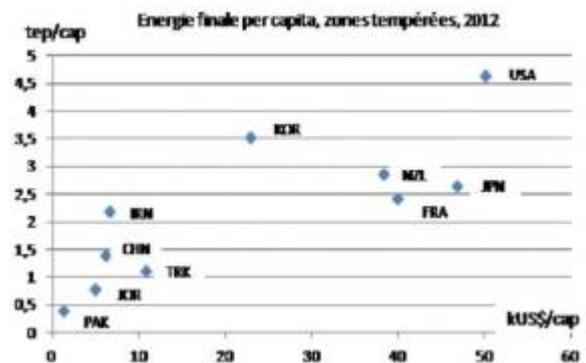


Fig. 6b : Énergie finale par habitant en zones tempérées – source: Enerdata

Pour fixer les idées, 0,1 tep c'est l'énergie consommée en un an par trois ampoules de 60 W allumées en permanence, ou l'énergie consommée par une voiture moyenne pour faire 2500 km, ou encore l'énergie nécessaire pour produire 250 kg d'acier brut dans un haut-fourneau et une aciérie électrique. Par opposition, 6 tep c'est l'énergie consommée en une année par 180 ampoules de 60 W allumées en permanence, ou celle d'une voiture parcourant 150 000 km, ou celle nécessaire pour produire 15 tonnes d'acier brut.

Deuxième observation : il y a bien, dans toutes les zones climatiques, une certaine corrélation entre la consommation énergétique finale par habitant et le PIB par habitant, laquelle permet de saisir comment les besoins énergétiques sont quantitativement liés au niveau de développement économique. Mais ces corrélations sont assez différentes selon les zones : fortes dans les zones tropicales, relativement faibles dans les zones les plus froides, modérées dans les zones tempérées, du moins au-delà d'un certain niveau de PIB/cap.

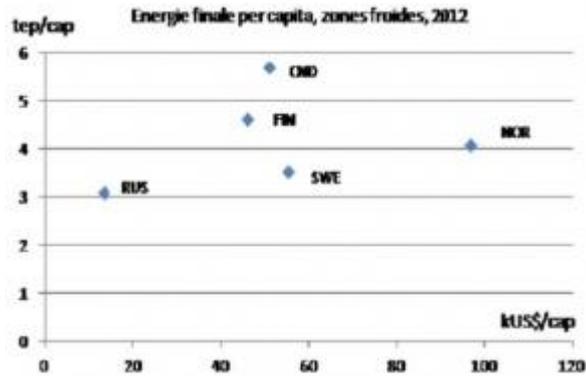


Fig. 6c : Énergie finale par habitant en zones tempérées – source: Enerdata

Une autre observation, plus paradoxale, est que sur certaines tranches de PIB par habitant où coexistent des pays en zone tempérée et d'autres en zone tropicale, les consommations d'énergie par tête peuvent être voisines et l'influence du climat sur la consommation d'énergie peut ne plus apparaître clairement.

C'est en fait dans les différences de structures de consommation d'énergie finale par grands secteurs d'utilisation (Figure 7) que se manifeste le plus clairement **l'influence du climat**, et par conséquent le lien spécifique entre développement économique et besoins énergétiques. En effet, c'est la consommation liée aux usages de l'énergie dans les bâtiments (résidentiel et tertiaire) qui révèle clairement l'impact du climat sur les besoins énergétiques.

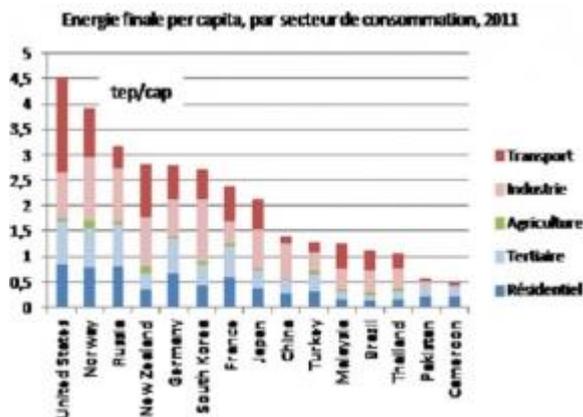


Fig. 7 : Consommations d'énergie finale dans le monde – source: Enerdata

Dans les pays aux hivers froids (États-Unis, Norvège, Russie, Allemagne), cette consommation avoisine ou dépasse 1,5 tep/cap, alors qu'elle descend à moins d'une tep/cap dans les pays de même PIB par habitant mais situés en zones plus tempérées. Dans les pays tropicaux, elle avoisine 0,5 tep/hab, voire moins, y compris dans les pays les plus riches (Brésil, Malaisie).

Les consommations d'énergie des transports et de l'industrie montrent pour leur part comment se noue la relation entre **développement économique** et besoins énergétiques.

Dans le cas des transports, la consommation, expression des besoins d'énergie associés à la mobilité, est très fortement corrélée au PIB par habitant, même si les différences géographiques, telles que la taille des pays, peuvent accentuer le phénomène (États-Unis versus Allemagne par exemple).

À l'inverse, dans le cas de l'industrie, à partir d'un certain niveau de PIB par habitant, la consommation d'énergie devient fortement décorrélée du PIB: la consommation par habitant de l'industrie de la Malaisie, du Brésil ou de la Thaïlande sont voisines de celles de la France ou de l'Allemagne avec des PIB/cap de quatre à dix fois moins élevés (PIB exprimés en US dollars aux taux de change courants).

Au total, si on exprime la relation entre la croissance de la consommation d'énergie par l'industrie et celle du PIB par un coefficient d'élasticité (une valeur de 1,2, par exemple, signifie que la consommation d'énergie croît de 1,2 % par an quand le PIB augmente de 1 %), on peut distinguer trois grandes phases dans le processus d'industrialisation :

- d'abord une phase de forte croissance de l'élasticité de la consommation d'énergie de l'industrie au début du processus d'industrialisation, due en particulier au développement des industries de base ;
- puis l'élasticité passe par un maximum lorsque cette première phase s'achève ;
- enfin cette élasticité ne cesse de décroître dans la phase de consolidation industrielle, pour devenir nulle, voire négative dans la phase postindustrielle.

Chaque pays est évidemment un cas particulier du fait de ses ressources minières ou agricoles, ou de sa stratégie en matière de spécialisation industrielle, mais tous obéissent peu ou prou à ce mouvement général de corrélation/décorrélation entre la consommation d'énergie de l'industrie et la croissance économique.

7.2. Sur longue période, un découplage entre consommations énergétiques et besoins

Les comparaisons spatiales ont donné un premier éclairage sur les liens entre consommations énergétiques et développement économique. C'était nécessaire pour appréhender quantitativement les ressorts des besoins énergétiques, mais insuffisant du fait de l'absence de dimension temporelle. Et ce pour deux raisons : (i) le lien entre besoins de services énergétiques et consommations d'énergie change avec le temps, notamment du fait de la technologie, comme indiqué plus haut ; (ii) le contenu en activités productrices et en biens et services de consommation d'un pays avec un PIB de 1000€ / habitant aujourd'hui est radicalement différent de ce qu'il était dans un pays de même PIB/cap (hors inflation) il y a plusieurs décennies (Lire [Consommation mondiale d'énergie 1800-2000 : les résultats](#)).

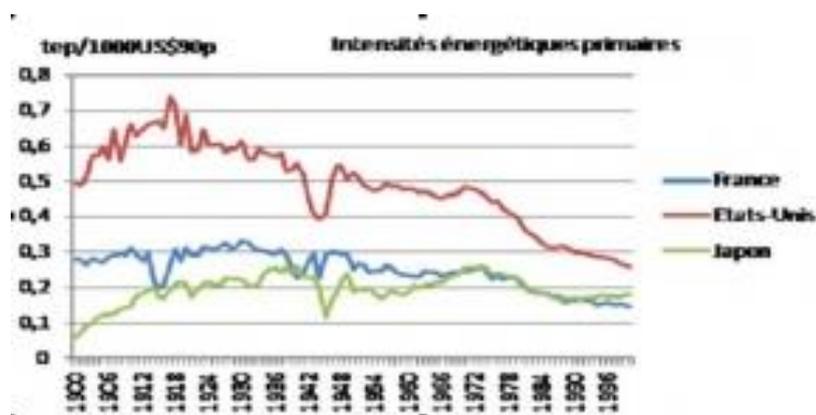


Fig. 8 : L'intensité énergétique primaire des grands pays industriels au XX^e siècle – source : Enerdata

Pour bien saisir cette dimension temporelle, il faut se placer sur une période de temps suffisamment longue, si possible de l'ordre du siècle (Figure 8).

Seules les statistiques relatives à la consommation primaire d'énergie dans certains grands pays industriels permettent d'adopter une telle perspective.

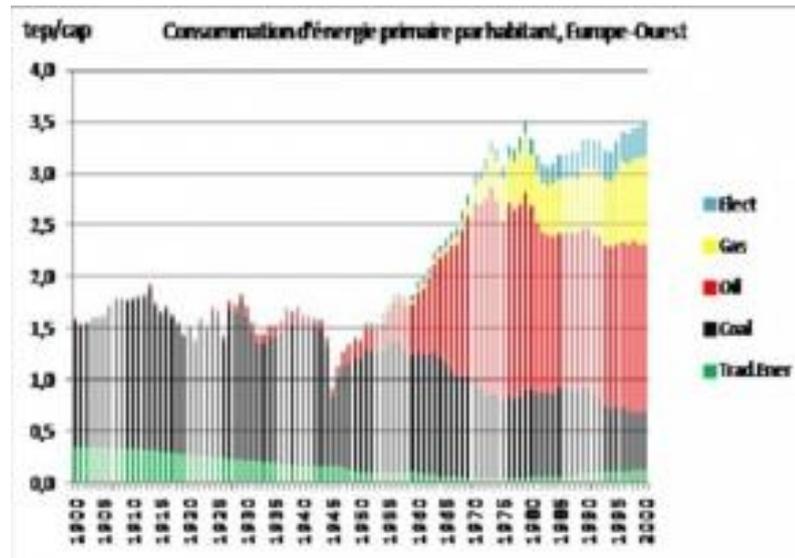


Fig. 9a : L'évolution de la structure de la consommation d'énergie primaire au XX^e siècle, Europe-Ouest – source : Enerdata

L'évolution historique de l'**intensité énergétique primaire** (la consommation énergétique primaire divisée par le PIB) des États-Unis, de la France et du Japon mais aussi d'autres pays révèle qu'assez rapidement, dans le processus de développement économique, la consommation d'énergie primaire croît structurellement moins vite que la création de richesses. Rien n'indique toutefois que ce constat reste vrai pour les besoins de services énergétiques, et a-fortiori pour les besoins de mobilité ou de confort que l'énergie permet de satisfaire.

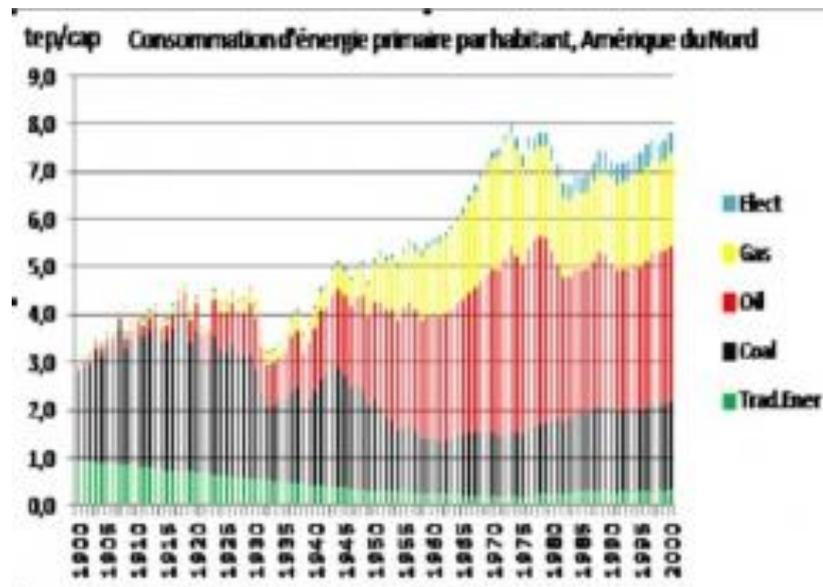


Fig. 9b : L'évolution de la structure de la consommation d'énergie primaire au XX^e siècle, Amérique du Nord – source : Enerdata

Tant en Europe de l'Ouest (Figure 9a) qu'en Amérique du Nord (Figure 9b) , ce « découplage » de la consommation d'énergie primaire par rapport au PIB se produit de façon concomitante avec des transformations structurelles dans les consommations d'énergie, d'abord au profit du pétrole, puis au profit du gaz et de l'électricité primaire. Or ces énergies, qui se substituent au charbon (puis partiellement au pétrole pour le gaz) ont des rendements d'utilisation qui vont croissant, et permettent de répondre à des besoins de services énergétiques entièrement nouveaux, comme la mobilité individuelle ou la climatisation, sans toujours augmenter la consommation d'énergie. (Lire [Les politiques d'efficacité énergétique](#)).

Bibliographie

Agence Internationale de l'Énergie (AIE) (2011). **Manuel sur les statistiques de l'énergie**. Paris: AIE

Chateau B. et Lapillonne B. (1977). **La prévision à long terme de la d'énergie: propositions méthodologiques**. Paris: CNRS (coll. Énergie et Société)

Chateau B. et Lapillonne B. (1982). **Energy Demand: Facts and Trends. A comparative analysis of industrialized countries**. Wien, New York: Springer Verlag

Chateau B. & alii (2002). **Modelling the dynamics of the needs of energy services in VLEEM**, Grenoble: Enerdata (VLEEM1 Final report , Annex 1) Disponible sur : <http://www.vleem.org/>

Chen X. (1992). **Information et Énergie. Rôle de la maîtrise de l'information dans le rapport entre la croissance économique et la consommation d'énergie**. Thèse d'Économie, Université de Grenoble.

Darmstadter J., Dunkerley J. et Alterman J. (1977). **How industrialized Societies use energy: a comparative analysis**. Baltimore and London: The John Hopkins University Press

Goldemberg J., Johannson T.B., Reddy A.K.N. and Williams R.H. (1985) **Energy for a sustainable world**. Princeton University: Center for Energy and Environment Studies

Martin J.M. (1988). L'intensité énergétique de l'activité économique dans les pays industriels: les évolutions de très longue période livrent-elles des enseignements utiles? **Économie et Société**, (cahiers de l'ISMEA), Avril