

Intervention de Jean Monestier

LE DEVELOPPEMENT A L'EPREUVE DE LA DEPLETION ENERGETIQUE.

Généralités sur l'énergie.

A part les énergies géothermiques et nucléaires, toute énergie nous vient du soleil, par différents canaux : grâce à des mécanismes physiques pour le soleil, le vent, les courants d'eau, puis par l'intermédiaire des végétaux pour le bois, la biomasse et les aliments végétaux, et par celui des animaux, pour les aliments carnés, le travail animal, et enfin par l'esclavage, la forme la plus sophistiquée (l'animal bon pour la traction, ne sait pas couper le bois, faire la cuisine, forger une épée, cultiver la terre, construire un bâtiment, etc.). Je rappelle que chacun d'entre nous jouit chaque jour du travail de carburants fossiles équivalent à celui de centaines d'esclaves.

Dès qu'il y a transformation de quoi que ce soit, il y a utilisation d'énergie. Cela concerne tous les êtres vivants, toutes les machines se mouvant mécaniquement, et toutes les transformations de matière inerte, par exemple l'extraction des métaux, la fabrication de l'acier, du béton, etc.

L'énergie obéit à des lois non négociables qu'on a tendance à oublier : les lois de la thermodynamique, les principes de Carnot. L'énergie ne diminue pas quand on l'utilise, elle se dégrade. On parle d'énergie libre, celle qu'on peut utiliser, et d'énergie liée, celle qu'on a utilisée, et qui n'est plus disponible.

L'entropie.

L'entropie mesure le niveau de cette dégradation. Citons John Mickael Greer, dans *La fin de l'abondance* : « La quantité de travail que vous obtiendrez d'une source d'énergie dépend non pas de la quantité d'énergie contenue dans celle-ci, mais de la différence de concentration énergétique entre la source et l'environnement » (page 124). L'énergie qu'on utilise est de basse entropie, et celle qu'on rejette est de haute entropie, et cette utilisation ne modifie pas la quantité d'énergie, mais son état de concentration. L'énergie contenue dans le carburant d'un moteur à explosion n'est pas diminuée par la combustion, mais transformée en travail mécanique, en chaleur, en vapeur d'eau, en gaz carbonique. Pour la rendre à nouveau disponible, il faudra de l'énergie. Par exemple, l'électrolyse de l'eau pourra transformer celle-ci en ses composants, hydrogène et oxygène, dont le mélange a un assez grand pouvoir énergétique. Mais pour pratiquer cette électrolyse, il faudra de l'énergie.

Le TRE.

Donc, pour accéder à l'énergie de basse entropie, utilisable, il faut ... de l'énergie. La performance de cette opération se mesure par le TRE, taux de retour énergétique (en anglais EROEI, energy return on energy invested). Pour une unité d'énergie investie, combien vais-je récupérer d'unités d'énergie utilisable ? On peut calculer le TRE de toute activité utilisant de l'énergie : TRE de la truite, des Yanomanis (6), des charbonniers (4), de nos carburants (15 à 20).

On parle du prix de revient économique du baril, mais pas du TRE, dont l'existence même est ignorée par une grande majorité d'élus et de décideurs.

En dollars, on ne paye pas la ressource (inépuisable ?) mais l'activité des hommes pour la rendre accessible.

La nature effectue pourtant des transformations considérables pour mettre ces ressources à notre disposition, mais, ne présentant aucune facture en dollars ou en euros, elle n'est pas considérée comme un agent économique. Certains ont récemment calculé que si cette activité devait être rémunérée (comme l'est un tout petit peu la pollinisation par les abeilles aux Etats-Unis), cela représenterait des milliers de milliards de dollars. Comme le charbon, mais par des processus différents, le pétrole, fruit de la décomposition d'êtres vivants nourris par le soleil et enfouis dans le sol durant environ trois cents millions d'années, aura été consommé dans sa fraction la plus utilisable en trois cents ans, soit un million de fois plus vite. On est bien aux antipodes des énergies « renouvelables ».

Les hydrocarbures liquides contenant la plus grande quantité d'énergie par litre ou par kilo, et connaissant le succès que l'on sait, c'est eux que nous évoquerons en priorité dans la suite de l'exposé.

Le TRE du pétrole est une moyenne pondérée des TRE des différentes situations géologiques, des différents champs, des différentes technologies utilisées, des différents puits. C'est cette moyenne qui permet de juxtaposer les pétroles conventionnels, comme ceux de l'Arabie Saoudite, des pétroles non conventionnels, comme les sables bitumineux du Canada.

Le TRE moyen baisse en permanence, car, comme dans tout autre domaine, on est allé d'abord au plus facile. En Pennsylvanie en 1900, le TRE était de 100. Il suffisait d'enfoncer un tube sur quelques dizaines de mètres et le pétrole jaillissait sans avoir même besoin d'être pompé. Ce TRE a baissé au cours du 20^{ème} siècle, d'autant qu'il faut ajouter à l'énergie d'extraction celles nécessaires aux transports, au raffinage, aux stockages et au service à la pompe, toutes choses qui se sont progressivement complexifiées, rendant le processus complet lui-même plus coûteux en énergie. A ce sujet, lire l'excellent article de Benoît Thévard, « La diminution de l'énergie nette », publié sur le site de l'Institut Momentum.

Actuellement les carburants pétroliers auraient un TRE de 15 à 20.

Le pic pétrolier.

D'après l'AIE (Agence Internationale de l'Energie, rattachée au Conseil de Sécurité de l'ONU), c'est en 2006 que les pétroles conventionnels seraient entrés en déplétion, c'est-à-dire en décroissance globale. On parle du pic de Hubbert, ce spécialiste qui avait fait rire tout le monde dans les années 60 en prévoyant la décroissance de la production pétrolière des Etats-Unis, mais qui a moins fait rire quand les statistiques ont confirmé ses prévisions. Chaque pays connaissant à son tour ce phénomène, le total mondial de l'extraction ne peut qu'être touché lui aussi, même si certains pays, certains gisements, ont encore de belles possibilités.

C'est alors qu'entrent en scène les pétroles non conventionnels, pétrole off shore, pétrole de schiste, sables bitumineux, qui motivent tous les propos anesthésiant sur les réserves dont

nous disposerions encore pour des décennies. Mais, économiquement, un débit d'un baril/jour coûte dix fois plus cher en investissement (d'après Jancovici lors d'un colloque), et, énergétiquement, bien plus d'investissement en énergie, ce qui ne peut que faire encore baisser le TRE moyen global.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier qu'au TRE de 1, on arrête, puisque qu'on ne récupérerait alors pas plus d'énergie qu'on n'en a investie. On peut continuer temporairement et dans des cas limités, par exemple pour obtenir une énergie exportable en sacrifiant une énergie non exportable, mais si l'opération est rentable économiquement, elle n'est ni durable ni généralisable puisqu'elle est déficitaire sur le plan énergétique. Quand on nous parle de disposer encore de réserves pour des décennies, à supposer que le climat en supporte l'utilisation, on ne nous parle pas du TRE de ces réserves. Par exemple, les réserves en sables bitumineux sont, paraît-il, colossales, mais leur TRE est très mauvais. Plusieurs chiffres circulent, par exemple 3 ou 4. En effet, les différents experts ont tendance à omettre certaines dépenses énergétiques indirectes, pourtant bien imputables à l'opération. Cela peut dépendre des intérêts de ceux qui les payent, et de possibles conflits d'intérêt. Les plus crédibles sont vraiment indépendants et comptent tout. Par exemple, un certain Youngkist, cité par Heinberg, aboutit à un TRE de 1,5, c'est-à-dire qu'il faut tirer trois barils du gisement pour en exporter finalement un, les deux autres étant consommés par le processus. Or, pour repousser le pic global, on parle d'augmenter cette production d'un million de barils par jour à trois, voire cinq millions de barils/jour, sur le total quotidien mondial de 80 ou 90 millions de barils.

C'est économiquement rentable au-delà de 70 à 80 Dollars le baril, mais, écologiquement, c'est une catastrophe, puisque, quand vous croyez brûler un litre dans votre moteur, il y en a en fait trois qui partent sous forme de déchets dans l'atmosphère. ON NE PAYE PAS LA RESSOURCE, donc on peut ignorer ces deux autres barils durant un certain temps. En 1815, Jean-Baptiste SAY a pu écrire : « Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant être ni multipliées, ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques ». Actuellement, beaucoup de gens et de décideurs croient qu'avec beaucoup d'argent, on trouvera des solutions techniques pour résoudre le problème. Mais c'est une dangereuse illusion entretenue par le primat de l'économie financière.

Quoi qu'il en soit, la voiture verte n'existe pas.

Par ailleurs, comme il faut de l'énergie pour toute transformation, y compris toute production économique, le pic du pétrole de basse entropie va entraîner avec lui un pic de toutes les activités consommant des quantités d'énergie significatives. On parle du « pic de tout ». « peak of everything ». Nous allons prendre un exemple : l'énergie utilisée pour l'extraction des métaux.

Un phénomène parallèle : la raréfaction des métaux.

Comme pour le pétrole, la teneur moyenne des gisements diminue d'année en année. Sous l'Antiquité, on trouvait des gisements de cuivre à 15%, ce qui serait aujourd'hui extraordinaire. D'après Bihouix, la moyenne mondiale, qui était de 5% après la guerre, serait descendue à 4%. La teneur, même si les résultats sont inférieurs à 1, s'apparente au calcul du

TRE pour le pétrole. Combien d'unités d'énergie pour une unité investie / combien de kilos de cuivre pour une tonne de minerai extrait de la mine.

Mais pour les métaux, ce calcul cache des disparités criantes. Anna Bednik, dans « L'extractivisme », précise que les meilleures mines donnent encore du 5%, mais, en fait, elle ne l'exprime plus vraiment comme cela. Elle donne plusieurs exemples du tonnage de minerai qu'il faut extraire pour en tirer une tonne de cuivre, c'est-à-dire que les opérateurs semblent plutôt mesurer la charge d'extraction pour obtenir une tonne de métal. Vulgairement, il semblerait que l'on considère désormais un verre à moitié vide plutôt qu'un verre à moitié plein.

Quand elle écrit que les meilleures mines nécessitent de manipuler 20 tonnes de minerai pour obtenir une tonne de métal, il est facile de calculer que cela revient en effet à une teneur de 5%. Mais il semblerait que ceux qui étudient le phénomène ne s'expriment plus ainsi. En Amérique du Sud, il existerait des mines où il faut déplacer 200 tonnes de minerai pour obtenir cette tonne de cuivre. On ne parle plus de teneur, qui serait ici de 0,5%. Cette bascule du point de vue me paraît significative. Plutôt que d'afficher une teneur tendant vers le zéro, ce qui affolerait tout le monde et les actionnaires, on « gonfle les biceps » et l'on cite les tonnages qu'on arrive à manipuler pour obtenir une tonne de métal.

Mais passer de 20 à 200 tonnes nécessite des capacités dix fois plus importantes. Malgré de possibles économies d'échelle, je pense qu'il ne faut pas loin de dix fois plus d'énergie pour tirer des gisements cette précieuse tonne, et notamment, dix fois plus de carburant pour les gigantesques camions qui transportent le minerai au point de traitement.

Anna Bednik cite même des mines où il faut manipuler 500 tonnes de minerai, mais j'en resterai à 200 tonnes, ce qui me permet, très globalement, d'avancer avec plus de certitude que l'on va vers une situation où il faut, en gros, dix fois plus d'énergie pour obtenir le même résultat, une tonne de cuivre. Bihouix donne des chiffres pour l'or, et ils sont encore plus catastrophiques. Pour mémoire, selon lui, pour être construite, une voiture électrique nécessite 45 kg de cuivre (donc 1 Mt pour 22 M de véhicules). Et combien faudrait-il de lithium pour les batteries ?

Retour au pétrole.

Avec le TRE, on en est resté à la vision optimiste du verre à moitié plein. Mais si l'on veut croiser les deux phénomènes, il faut, toutes choses égales par ailleurs, calculer la vision d'un verre à moitié vide. Si le TRE nous donne la quantité initialement remarquable de quantité d'énergie que procure une unité d'énergie investie, qu'on appelle l'énergie nette, c'est-à-dire ce qui reste utilisable une fois remboursée l'unité investie, ce qui est indispensable pour pouvoir renouveler l'opération, une nouvelle perspective, celle du verre à moitié vide, nécessite la mise en place d'une nouvelle valeur, celle qui mesure combien il faut d'énergie d'accès pour obtenir une unité d'énergie nette utilisable.

Je pense qu'il serait raisonnable de basculer sur ce nouvel affichage une fois que le TRE est passé au dessous de 2, soit une unité d'énergie nette pour une unité d'énergie investie. Autant il est valorisant, quoique trompeur, de dire qu'on obtient 2, 3, 20, 50 unités d'énergie nette par unité investie, autant il serait réaliste de calculer l'inverse quand le TRE devient inférieur à 1, ce qui donnerait une nouvelle série, le coût énergétique d'extraction d'un baril. S'il

m'était permis, j'appellerais cette donnée CEE (pour coût énergétique de l'extraction). On a vu que Youngkist l'évalue déjà à deux pour les sables bitumineux, puisqu'il faut extraire trois barils pour en exporter un, mais, d'après Nicolino, ce serait bien plus important pour les agro carburants. Quand le TRE pourrait être de 1,2 pour certains d'entre eux, cela signifie que le coût énergétique d'extraction est de 5.

Mais restons dans des valeurs actuellement observables. Les sables bitumineux sont réellement exploités, et leur CEE serait de 2. Pour simplifier, restons en deçà, et considérons un CEE de 1, soit un TRE de 2, ce qui est meilleur mais devient honorable de nos jours. Il est hautement probable qu'il existe déjà des gisements pétroliers où le CEE est de 0,1. Cela correspond à un TRE de 11, une unité investie pour 10 unités d'énergie nette, donc un CEE de 0,1 effectivement. Je fais remarquer que, médiocre en math, je n'utilise que des règles de trois, qui étaient, sauf erreur de ma part, au programme du certificat d'études. Nous sommes donc dans une époque où, bercés par les moyennes, nous allons peu à peu, sans trop en être conscients, vers une multiplication par 10 de l'énergie d'accès au pétrole lui-même.

Conclusion dramatique.

La simple extraction des métaux évolue tout doucement vers une multiplication par dix de l'énergie nécessaire, donc approximativement, vers une multiplication par dix du carburant consommé par les engins de chantiers miniers. Or ce carburant lui-même évolue lui aussi tout doucement vers une multiplication par dix de l'énergie nécessaire à son obtention. Sauf erreur de ma part, comme 10 multiplié par 10 font 100, cela signifie que l'énergie nécessaire à l'extraction minière des métaux est en train tout doucement d'être multipliée par cent.

Or d'après Bihoux, l'extraction minière des métaux représenterait environ 1 à 1,5% de toute l'énergie primaire consommée par l'Homme, l'ensemble du traitement des métaux, pour les mettre à disposition des utilisateurs, représentant lui-même entre 10 et 15% de cette énergie primaire. Cela signifie donc, sauf erreur de ma part, que nous sommes dans un lent processus où la simple extraction des métaux de la mine exigerait finalement le total de l'énergie primaire consommée aujourd'hui par l'Humanité.

Je me garderai bien de donner des délais précis, n'étant qu'un simple militant ayant beaucoup lu, mais j'oserais, pour désigner ce renforcement mutuel en boucle de ces deux coûts d'extraction, tenter l'expression de SPIRALE AUTO ETOUFFANTE DE L'EXTRACTION.

Dans ce cas, il faut dire ADIEU AU DEVELOPPEMENT, qui nécessite, on le sait, toujours plus d'énergie.

A verser dans le débat.

Certains diront sans doute que cela n'est pas prêt d'arriver, et notamment que des gains de productivité prodigieux, non encore inventés, permettront de ne pas en arriver à cette extrémité. Mais je rappelle que d'après des calculs effectués par l'Américain Geffray Dukes : « Nous dévorons chaque année en énergie fossile 400 ans de production végétale de la planète ». A partir de cela, l'Aviation Civile qui consommerait annuellement environ 8 années de production végétale de la planète, mais qui a refusé de participer à la COP 21, et projette, si j'ai bien compris, de COMPENSER ses émissions de carbone par des plantations

massives dans des pays lointains, pourrait se heurter aux limites de la biosphère. Car, même si nous même et tous les animaux, nous cessions tous de nous nourrir et d'utiliser le moindre végétal pour les différents autres usages afin de disposer d'une aviation « verte », le compte n'y serait pas.

Le pétrole a permis l'explosion démographique, l'explosion urbaine, la conquête spatiale, le transport aérien, et surtout d'aller plus vite, plus loin et plus souvent. Et les énergies renouvelables ne remplaceront pas les énergies fossiles, car le compte n'y est pas, comme le démontre assez bien Heinberg. Pour l'instant, pas de sidérurgie ni de cimenterie solaires, et Siemens se retire de DESERTEC. L'avion solaire, ou à hydrogène, Thémis, sont des expériences de laboratoire, mais qu'il est absolument impossible de généraliser avec les techniques actuelles. Et le temps presse.

Jean Monestier

Membre de La Ligne d'Horizon,
Diplômé en économie par l'Université de Toulouse,
Objecteur de croissance,
Etudiant en collapsologie,
Militant pour le maintien d'une biosphère humainement habitable.