

Working Paper. Mineral Economics series. N° 2015-1. V1 du 26/04/2015

Draft, comments welcomed

L'usage des courbes de cout (*cost curves*) dans la prévision des prix des commodités minérales

Pierre-Noël Giraud

On doit distinguer deux types de courbes de couts, « *costs curves* » en anglais, de définition et d'usage très différents :

La courbe d'offre cumulée de long terme (5-20 ans) : une catégorisation des réserves et de leurs couts complets de développement permet de construire, sous des hypothèses souvent difficiles à préciser, une « courbe d'offre cumulée de long terme ». Croisée avec une courbe de demande cumulée, elle détermine un prix d'équilibre théorique à LT. Ce dernier est utile à la planification LT de la production et à la définition de cibles d'exploration

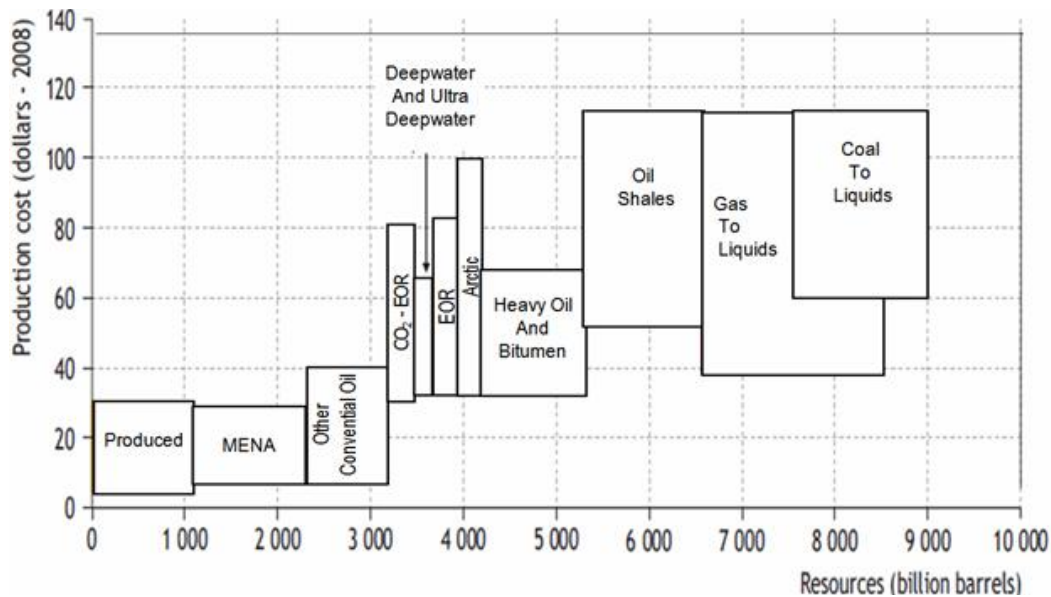
La courbe d'offre de court terme (capacités existantes) : les « cash costs » des capacités existantes permettent de construire une courbe d'offre en situation compétitive. Croisée avec une courbe de demande apparente (consommation + variation de stocks), elle détermine le prix de court terme si le marché est compétitif. Si l'un des producteurs ou un ensemble de producteur ont un pouvoir de marché, cela permet aussi de mesurer l'intérêt des « shut down » et de la maîtrise des « fly-up »

L'analyse de long terme

L'inventaire des réserves

La première étape est la caractérisation des réserves connues et inférées avec une bonne certitude, ou si l'on veut des « ressources » en termes de (volume-cout complet de développement)

Inventaire des réserves : Exemple des pétroles conventionnels et non conventionnels, étendu aux carburants « XTL » (Source IEA)



Le passage des réserves aux courbes d'offre de long terme

La courbe d'offre de long terme est la relation:

$$\text{Cout de développement} = f(\text{Production Cumulée})$$

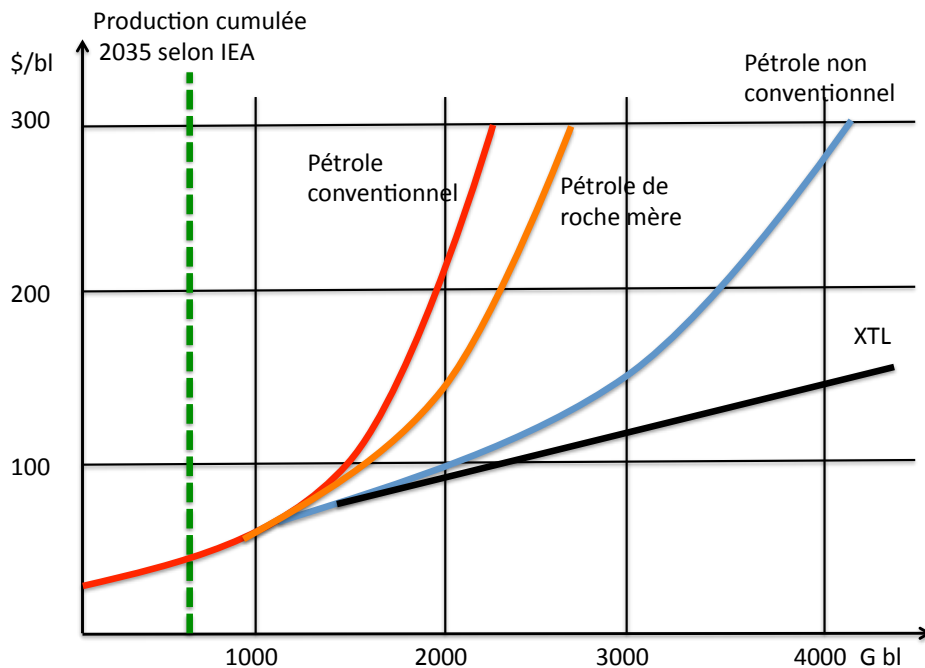
Le cout de développement des réserves étant le niveau de prix qui donnerait à l'investissement de développement un TRI de x%, x dépendant du degré de risque. Dans l'industrie minière 15% est acceptable.

a) **Un cas simple** est celui où les réserves sont exploitées :

- strictement par ordre de cout croissant
- sans contrainte physique ou géologique sur le flux de production que l'on peut en extraire.

La courbe d'offre se déduit alors simplement de la catégorisation des réserves, qu'il suffit de classer par cout de développement croissant. C'est ainsi que si on exploitait les différents pétroles par ordre de cout croissant, on aurait la courbe d'offre de long terme suivante.

Courbe d'offre à long terme des pétroles, situation compétitive (source IEA)



Source: IEA World Energy Outlook 2013, XTL calculé par Giraud PN

On voit que si le marché du brut était compétitif, le prix actuel serait de 30 \$, il serait en 2035 de 50 \$, et qu'il reste aujourd'hui plus de 2000 Gb de brut à moins de 100 \$ le baril de cout de développement.

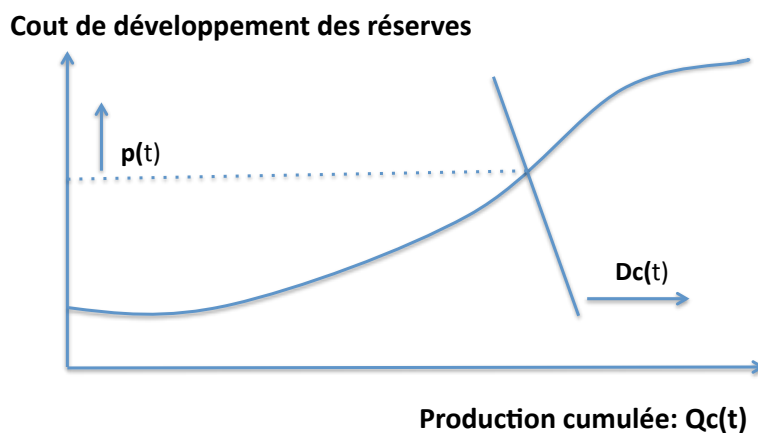
b) **Dans le cas général** il faut faire des hypothèses supplémentaires sur les flux de production des différentes réserves. Ceux-ci peuvent en effet dépendre de :

- Le pouvoir de marché de certains Etats qui limitent l'exploitation de leurs réserves à bas cout (ex : Arabie Saoudite)
- Des contraintes géologiques et/ou technico économiques non incluses dans les couts. Elles sont au fondement, par exemple, de la théorie du « pic de Hubbert »
- L'existence d'industries connexes qui produisent la substance comme coproduit fatal, ou le recyclage, lesquels engendrent des flux de production qui concurrencent la production issue des réserves et qui sont souvent plus difficiles à évaluer.

Enfin, s'agissant d'une analyse à long terme, par exemple 20 ans et plus, il faut prendre en compte les progrès technique dans l'évaluation des couts de développement des réserves.

La courbe d'offre de long terme est parcourue dans le temps au rythme d'évolution de la demande cumulée: $Q_c(t) = D_c(t)$, ce qui permet d'anticiper l'évolution du prix dans le temps : $p(t)$

Courbe d'offre de long terme



Usages des courbes d'offre de long terme :

Avec des hypothèses d'évolution de la consommation cumulée en fonction des prix (à cet horizon il faut donc évaluer les substitutions possibles en fonction des prix) la courbe d'offre à long terme permet la prédiction de l'évolution d'un prix d'équilibre théorique de marché.

Le prix d'équilibre théorique est celui qui permet de financer de façon rentable les investissements nécessaires pour satisfaire la croissance de la demande de à ce prix. Il est théorique, parce que le prix réel fluctuera autour de ce prix théorique, selon les cycles classiques de prix des commodités.

Ce prix est cependant indispensable à :

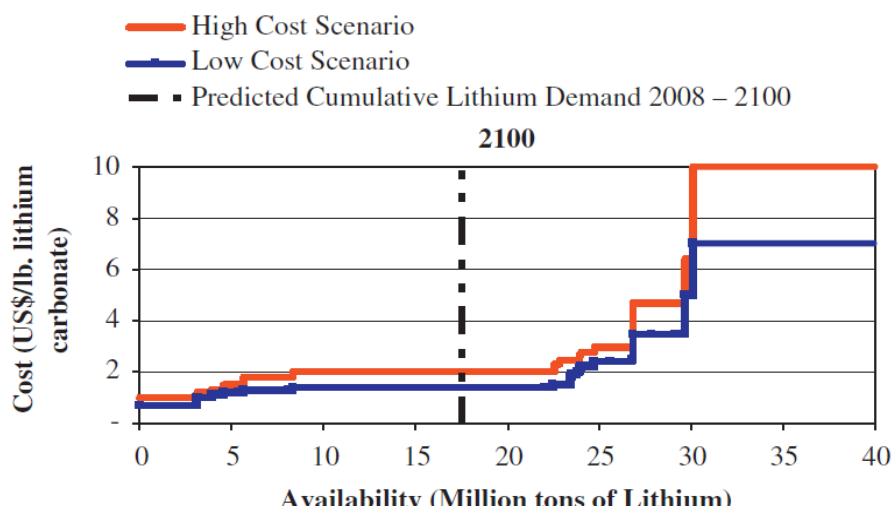
- La planification stratégique de la production
- La détermination des cibles d'exploration

L'évaluation de ce prix permet aussi la valorisation (ici aussi théorique) des réserves en terre. En effet la valeur en terre des réserves aujourd'hui en t est la valeur actuelle de la rente que procurerait leur extraction en T , soit : $r_t = (p_T - c_e) e^{-a(T-t)}$

Voici un autre exemple de construction de courbe de cout de développement des réserves, par le Pr. John Tilton de la Colorado School of Mines.

On sait que l'on s'est inquiété de la rareté de le ressource lithium quant a commencé le développement de la voiture électrique. Une inquiétude sans fondement selon cette étude. Ajoutons que la batterie au lithium elle même est substituable, et sera peut être supplantée par d'autres dispositifs de stockage d'énergie embarquée.

Courbe d'offre à LT: Lithium (source: J.Tilton 2009)



L'analyse de court terme (capacités existantes)

Définition des couts « cash »

La plupart des analyses de consultants considèrent que les « cash costs » sont les « opex » à 90% de la capacité nominale, un taux d'utilisation qui est censé minimiser les opex à la tonne.

En toute rigueur, il faut cependant utiliser, pour construire une courbe d'offre de court terme, les « **couts évitables** », c'est à dire les couts qui sont évités si on prend la « décision » de fermer temporairement ou définitivement l'unité¹. Ils sont donc constitués :

- des « opex » comptables
- diminués de l'éventuelle part fixe des « opex » (ceux qui sont déboursés, qu'on ferme la mine ou pas)
- augmentés éventuellement des « capex » de maintenance économisés par la fermeture
- diminués des couts de fermeture – réouverture (sauf si fermeture définitive) ramenés à la tonne non produite, ce qui suppose donc des hypothèses sur la durée de fermeture

Dans ces conditions une entité (mine, usine) gérée en fonction du seul intérêt d'actionnaires privés cesse de produire dès que produire engendre un flux de trésorerie négatif, non pas instantané, mais en anticipation sur une période de n mois. La firme fermera donc pour une durée de n mois si le prix de marché passe en dessous du cout évitable ainsi calculé et qu'elle anticipe qu'il y restera pendant n mois.

Cette analyse doit être conduite unité par unité.

Pour certaines, des facteurs politiques ou spécifiques abaissent encore le niveau de prix en dessous duquel une unité est contrainte de fermer, car le décideur consent à financer les pertes cash de la mine, à une certaine hauteur et pendant une certaine durée. Il s'agit d'identifier ces cas et leur niveau de résistance.

Equilibre du marché compétitif

En situation compétitive, la courbe des couts « cash » ainsi définis est la courbe d'offre à court terme. Croisée avec une courbe de demande à CT, qui est :
Demande = Consommation + Variation des stocks, elle donne le prix d'équilibre d'un marché compétitif, où toutes les unités sont « preneuses de prix ».

¹ Nous suivons en cela Claude Riveline, pour qui un cout ne peut être défini que pour une « **décision** » (de produire, de suspendre une production, de développer une nouvelle mine etc...) Claude Riveline, « Evaluation des couts », Presses de Mines ParisTech.

L'évaluation de la demande, donc aussi, à CT, des stocks et des comportements de stockage, est en général plus difficile que celle de l'offre. L'existence de marchés dérivés peut donner des indications précieuses en ce domaine, mais aussi ouvrir à la spéculation potentiellement déstabilisante d'autres acteurs.

Couts de développement

Un complément indispensable à l'analyse des « cash cost » est celle des couts de développement des projets en portefeuille, « brown field » et « green field », qui seront lancés ou accélérés en cas d'anticipation de hausse durable des prix. On parle souvent d' « *incentive cost* » en anglais : le niveau de prix qui incite à entrer (s'il anticipe son maintien pour quelques années) le mieux placé dans la « *merit curve* » des nouveaux entrants (extensions comprises) potentiels (c'est à dire la courbe des couts de développement)

La définition des couts de développement est la même que dans l'analyse de long terme : couts de développement = prix couvrant les couts fixes et variables, et rentabilisant le capital employé au taux acceptable dans l'industrie compte tenu de son risque

Usage des courbes de couts « cash »

Ces courbes servent à la prédiction des fluctuations de prix dans les 1-5 prochaines années, mais aussi à l'analyse de l'intérêt de comportements stratégiques tels que les « *shut downs* », c'est à dire des réductions volontaires de productions destinées à freiner une chute des prix de marché.

Les deux régimes de fonctionnement des marchés

En situation compétitive, le marché d'une commodité est normalement fluctuant, comme l'illustre la figure suivante, qui distingue deux « régimes de prix »

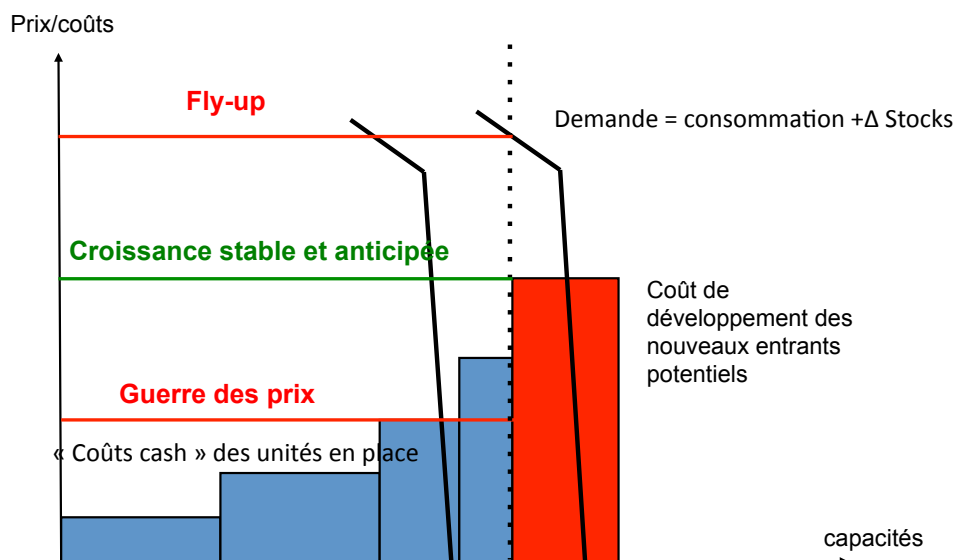
1° Guerre des prix puis fly-up

En situation de capacités excédant nettement la demande, un marché compétitif engendre une guerre des prix qui les conduit au niveau des couts « cash » des unités marginales. Il s'en suit une absence d'investissement, car ce niveau est inférieur au cout de développement des projets en portefeuille.

Quand la demande augmente à nouveau, la saturation des capacités existantes conduit à un « fly up », une envolée des prix que seuls tempèrent un fléchissement de la demande ou une augmentation rapide du recyclage à partir d'un certain niveau de prix.

2° Croissance stable et anticipée

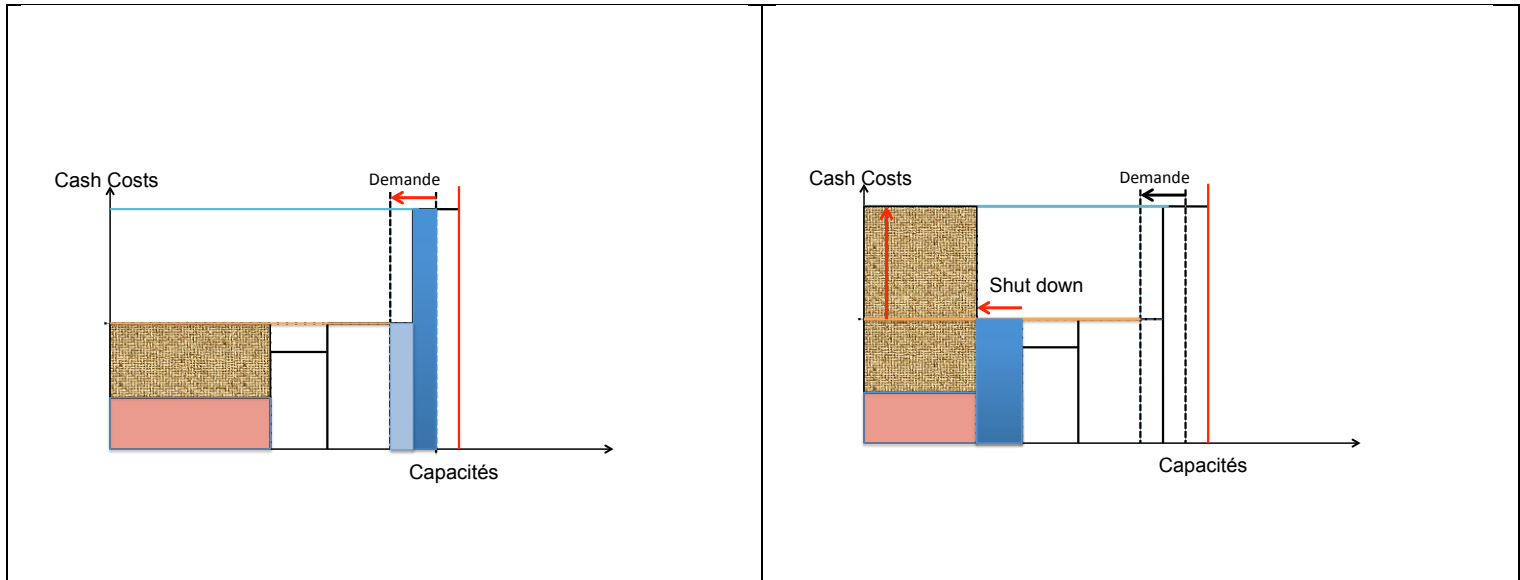
Un ensemble de producteurs disposant d'une capacité suffisante peut alors avoir intérêt à tempérer ce cycle et à maintenir le prix autour du coût de développement des nouveaux projets, comme l'illustre la figure qui suit.



Analyse de l'intérêt d'un « *shut down* »

Sans

Avec



Dans le premier cas, la baisse de la demande est absorbée par la fermeture des unités marginales. Le prix de marché chute du cash cost de la dernière unité à celui de l'avant dernière, qui reste en production partielle.

Le « *shut down* » permet au producteur à bas cout, en absorbant seul la baisse de la demande, de maintenir le prix au niveau initial.

Dans ce cas de figure, la marge opérationnelle est plus importante en cas de « *shut down* »