

# **Chaire OCP/ Mines ParisTech**

## **Economie, Finance et Gestion des Commodités**

### **Les modèles de commodités minérales**

Programme de travail

Pierre Noël Giraud

20 Mars 2017

#### **Un dialogue de sourds**

Le débat théorique sur les trajectoires de prix et de production d'une ressource minérale épuisable comme le pétrole ou les minerais est actuellement dans l'impasse. Deux familles de modèles s'opposent alors qu'elles ne modélisent pas la même chose. D'une part les modèles issus Hotelling supposent connu le stock total des réserves et son coût d'extraction. Ils modélisent la trajectoire de prix et de production selon la structure de marché. D'autre part les modèles issus de celui de Marion King Hubbert, généralement développé par des géologues comme ceux de l'ASPO, modélisent le processus d'exploration production de réserves qui ne sont pas initialement connues. Ils devraient se situer en amont des modèles de type Hotelling et ces derniers s'articuler avec eux. Ce n'est pas actuellement le cas.

#### **Les trois étapes de la mise en marche d'une commodité minérale**

Offrir sur un marché une commodité minérale est un processus en trois étapes. La première étape est celle de l'exploration et de l'évaluation des gisements découverts. La seconde est la construction de capacités de production à partir du portefeuille de réserve découvertes. La troisième étape est l'utilisation des capacités face à une demande fluctuante et à des entrées et sorties de l'industrie. A chaque étape correspond une décision, associée à un coût, prise par les firmes en situation d'incertitude. Les firmes sont supposées maximiser leurs profits.

#### **Étape 1 : Exploration et évaluation des gisements**

Le processus. Les inputs sont des permis d'exploration achetés aux Etats et des campagnes d'exploration évaluation. L'output est un portefeuille de réserves dont les coûts d'extraction sont évalués, ainsi que les permis de les exploiter.

La décision : investir dans des campagnes d'exploration-évaluation

Le coût : Le coût d'une campagne d'exploration-évaluation

La modélisation : un modèle de prospection doit déterminer le portefeuille optimal pour chaque firme, en fonction de sa connaissance des probabilités de découverte, de son portefeuille actuel et de celui des autres et selon la structure de marché.

Faits stylisés à interpréter :

Un portefeuille global stable autour de 30 ans de production environ.

Des portefeuilles dont les coûts de développement sont différents selon les firmes.

Ceci fait le lien avec l'étape 2.

Exemples de modèles d'exploration : le modèle de Hubbert

Développés par la chaire publiés et en WP:

[2016 01 15 Law Koune, Benhamou : « Un modèle d'exploration pétrolière » Slides](#)

[2013 09 13 PN Giraud et alii « Hubbert's peak oil revisited by a simulation model »](#)

[2011 06 06 Pierre-Noël Giraud : A note on Hubbert 's production peak theory and derived forecasting techniques. Energy Bulletin](#)

2011 05 Giraud, P.-N. " [A note on Hubbert's thesis on mineral commodities production peaks and derived forecasting techniques](#)", Procedia Engineering, Science Direct, Elsevier,

## **Étape 2 : Construction de capacités de production à partir des portefeuilles de gisements.**

Le processus : des investissements de capacité (équipements pour l'extraction des gisements, logistique, usines de traitement) engendrant un flux annuel maximum de production.

La décision : le niveau de capacité mise en place par une firme contenu de son portefeuille de réserve et d'une demande aléatoire élastique au prix

Le cout : cout de développement d'une unité de réserves

Le modèle : Stackelberg à n joueurs (avec d'éventuelles conditions de capacité maximum reliées au portefeuille de réserves). Il modélise la cost curve des capacités optimale.

Faits stylisés à confronter :

les cost curves de capacité réelles

Les producteurs à bas couts ont-ils pris une part de marché optimale ? Sinon, cela peut-il ça s'expliquer par des différences de taux d'actualisation avec un modèle à deux périodes ?

Modèle maîtrisé par la chaire (sans contrainte de capacités)

## **Étape 3: Utilisation des capacités**

La cost curve, cette fois des cash costs des capacités installée, est donnée. Elle n'est pas nécessairement la cost curve optimale des capacités issue de l'étape 2.

Le dépassement du maximum de capacité installée par la demande, très inélastique au prix à court terme (capacités données) provoque un « fly up ».

Le processus : produire à partir de ses capacités pour faire face a une demande fluctuant dans le temps et inélastique au prix

La décision : le taux d'utilisation d'une capacité installée

Le cout : le cash cost de la capacité concernée

Modèle de Stackelberg à n joueurs dont le flux maximum déterminé par la capacité. On modélise les taux d'utilisation optimum (l'opportunité des « shut downs » en particulier) et la formation du prix d'équilibre, donc aussi les fly-up.

Variante : certains acteurs, fortement endettés, ont des contraintes de cash-flow minimal.

Modèle en cours de développement au sein de la chaire

### **Etape 2 et 3**

Le modèle développé au sein de la chaire :

[2016 09 Achdou, Giraud, Lasry, Lions, A long term mathematical model for mining Industries, Journal of Applied Mathematics HAL](#)

modélise les étapes 2 et 3 comme étant simultanées : les acteurs décident à chaque pas de temps de construire ou pas de nouvelles capacités et en même temps le taux d'utilisation des capacités existantes. Il rend compte remarquablement des fly ups dans un marché compétitif.

Développement prévus : marché avec un gros producteur à réserves longues à bas cout.