UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

UN MODÈLE À CAPITAL 'PUTTY-CLAY' POUR ESTIMER L'IMPACT DE LA TAXATION MINIÈRE SUR LE CHOIX DE CAPACITÉ DES MINES AU CANADA, 1960-1980

PAR

ALAIN CASTONGUAY
DÉPARTEMENT DE SCIENCES ÉCONOMIQUES
FACULTÉ DES ARTS ET DES SCIENCES

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À LA FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES
EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE
DE MAÎTRE ES SCIENCES (M.Sc.)

SEPTEMBRE 1984

Table des matières

Sommaire

Les mines de métaux non-ferreux déterminent leur capacité de production à partir des caractéristiques de leur gisement minier (taille des réserves, teneurs) mais aussi en fonction de variables économiques (prix, coûts et taxation). En regard des changements survenus dans le régime de taxation canadien depuis 1960, et surtout durant les années '70, il s'agit de développer un cadre analytique capable de mesurer l'impact de la taxation sur le choix de capacité de production des mines au Canada durant cette période.

Nous décrivons d'abord la littérature portant sur la théorie des ressources épuisables, puis, en survol, celle sur la taxation des corporations, et enfin, plus extensivement celle sur la taxation de la mine. Puis nous proposons un modèle: l'approche consiste à calculer le prix après-taxe du capital tel que perçu par la firme au moment de la décision, à partir d'un modèle décrivant sa valeur présente. On propose ensuite une façon d'utiliser les résultats du modèle empiriquement, afin de quantifier l'impact de chaque régime de taxation (par rapport à une situation de taxe neutre) sur le choix de capacité. L'étude s'intéresse aux régimes de cinq provinces et territoires canadiens; il faut pour chacun, ainsi que pour le niveau fédéral, réunir toutes les caractéristiques pertinentes de chaque loi de taxation sur la période 1960-80, les exprimer sous forme d'équations, et inclure celles-ci tour à tour dans le terme décrivant la valeur nette actualisée de la mine. Cette dernière est déterminée par la richesse du gisement minier, le prix de marché des métaux produits et les coûts de capital et d'opération.

Après le calcul des expressions du prix implicite du capital pour toutes les époques et les provinces pertinentes, il est montré que le calcul de l'effet réel de la taxation sur le choix de capacité d'une mine est réalisable. Une équation économétrique dérivée des résultats théoriques est suggérée à cette fin.

INTRODUCTION

La question de la taxation minière a été au Canada durant les années soixante-dix source de débats controversés et d'épreuves de force entre paliers de gouvernements. Les changements successifs dans les régimes de taxation imposés aux corporations minières survenus aux niveaux fédéral et provinciaux - lesquels prenaient souvent l'allure de riposte et contre-riposte - associés à la volatilité grandissante des prix de marché des métaux (dans la vague du choc pétrolier de 1973) ont créé un climat instable au sein de l'industrie minière. Beaucoup a été écrit sur le caractère exceptionnel du système fiscal appliqué aux mines (certains soulignant sa relative générosité, d'autres dénonçant l'injustice du fardeau imposé), sur le rôle et l'effet de telle ou telle mesure, sur les conséquences sur la profitabilité d'opérer une mine, sur le partage des revenus fiscaux entre gouvernements. On a aussi analysé comment la taxation pouvait provoquer des effets réels en modifiant les décisions de la firme individuelle et le niveau d'activité de l'industrie. Mais peu a été fait pour tenter de mesurer quantitativement ces effets réels. Voyons comment il faut envisager le problème.

En prenant en considération la dimension finie du stock de ressources minérales, la théorie de la mine nous indique les conditions sous lesquelles la production de celles-ci est optimale. La théorie 'classique' stipule qu'il n'existe qu'un seul taux d'extraction qui assure l'optimalité économique du processus d'épuisement. L'élément central qui intervient dans la règle de décision qui en découle est la rente, i.e. la valeur que l'on doit imputer à la ressource en terre, et qui dépend évidemment de sa rareté. Cet élément est certainement ce qui distingue une firme minière de la firme conventionnelle. La littérature sur le sujet traite abondamment de cette caractéristique particulière.

L'approche classique suppose que la mine peut déterminer et ajuster son taux d'extraction sans contrainte, en fonction d'un critère d'optimalité simple. D'autres insistent sur la contrainte imposée par le stock de facteurs fixes sur la flexibilité d'ajustement de la mine. Dans ce dernier cadre d'analyse, le taux d'extraction à court terme est complètement déterminé par le stock de capital de la firme (la capacité de production), et c'est uniquement à long terme que la mine peut modifier substantiellement son taux d'extraction. Cette façon d'illustrer le problème est évidemment plus réaliste que l'autre, où le capital est supposé parfaitement malléable.

Par ailleurs, nous savons que l'investissement des corporations peut être modifié dans son volume et sa composition par la taxation. La littérature sur l'impôt des corporations est éloquente à ce sujet: la structure même de l'impôt peut être source de distorsions; on comprend donc que ces dernières sont encore plus importantes lorsque l'on utilise l'impôt à des fins de politiques économiques en y incorporant des stimulants fiscaux ou des mesures d'exception. C'est particulièrement vrai lorsque l'on examine le traitement fiscal réservé aux entreprises minières: celles-ci ont toujours disposé de mesures - certains parlent d''avantages' - spécifiques visant à tenir compte de la nature particulière de leurs opérations, que ce soit le risque soi-disant plus élevé dans ce domaine (le processus d'exploration, dont les résultats sont aléatoires) ou le caractère fini dans le temps du projet d'exploitation d'une mine.

Le but de ce travail est donc de proposer une méthode permettant d'estimer l'impact de la taxation au Canada, sur la période 1960-80, sur le niveau d'activité de l'industrie des mines de métaux non-ferreux. Plus précisément, nous cherchons à quantifier l'impact de l'impôt sur le revenu des corporations et des taxes minières et royautés provinciales sur le choix initial de capacité de production des mines. Notre approche se distingue à plusieurs égards de celles adoptées par plusieurs auteurs. Notre préoccupation n'est pas dirigée directement sur le taux d'extraction, et l'ajustement de celui-ci en fonction de la taxation (l'approche classique préconisée par Burness (11), Conrad et Hool (24), Gaudet et Lasserre (37) et d'autres). Au lieu de supposer, comme le font implicitement ou explicitement ces auteurs que le capital est parfaitement malléable, nous faisons l'hypothèse que le taux d'extraction annuel de la mine est complètement contraint par le choix initial de capacité de production. Le capital est de type 'putty-clay', i.e. parfaitement malléable ex ante, mais fixe et immuable ex post. Cette hypothèse extrême nous permet de mettre l'emphase sur l'impact de la taxation sur l'investissement initial de la firme, attendu que les taxes considérées ici exercent leur effet sur le coût du capital.

À partir d'un modèle de la mine, nous dérivons le prix implicite du capital pour la firme au moment de la prise de décision. Celle-ci détermine sa capacité de production en fonction des caractéristiques du gisement minier qu'elle envisage exploiter, i.e. le volume des réserves de minerai et la richesse de celui-ci en métaux; mais elle tient évidemment compte de toutes les variables économiques pertinentes, i.e. les prix qu'elle peut recevoir pour sa production, et les coûts qu'elle doit encourir pendant toute son existence. Finalement, elle considère aussi le régime de taxation en place. En général, celui-ci est susceptible d'avoir un effet marginal significatif sur le choix de la capacité.

En présence de taxation, il faut calculer le prix implicite après-taxes du capital, i.e. le coût réel du capital pour la firme après que les gouvernements en aient subventionné une partie par l'entremise de certaines dispositions de leurs taxes et impôts. Bernard (3) a déjà utilisé cette méthode pour le cas canadien. Mais alors que son étude estime quantitativement l'incitation procuré par la taxation à l'utilisation de certains facteurs de production aux dépends d'autres inputs, notre modèle vise à quantifier l'impact en terme de capacité de production que ces incitations sont susceptibles d'avoir au moment du choix de l'investissement initial. Cette approche contraste aussi avec celle de MacKenzie et Bilodeau (58), qui font une analyse extensive du système de taxation canadien; ceux-ci regardent comment le 'cash-flow' d'une mine est modifié par la taxation, combien de gisements miniers deviennent non-économiques à opérer à cause de la taxation, et comment le revenu global des mines qui demeurent en opération est partagé entre les entrepreneurs et les gouvernements. L'effet réel considéré est d'un autre ordre: la taxation peut rendre non-profitable l'exploitation d'une mine qui autrement l'aurait été. Par contre, ils n'envisagent pas la possibilité que la taxation puisse n'avoir qu'un effet marginal sur les décisions de production, moins draconien que celui qui contraint une mine à ne jamais ouvrir. Finalement notre modèle diffère aussi de celui de Bradley, Helliwell et Livernois (9); bien que ceux-ci considèrent l'impact de la taxation sur l'investissement, leur approche utilise la simulation pour estimer l'impact de la taxation de la Colombie-Britannique. Ce n'est pas exactement notre cas, puisque nos résultats sont dérivés d'un processus d'optimisation économique, et que l'application empirique fait appel à l'économétrie.

Le calcul des prix après-taxes est effectué pour cinq provinces et territoires (le Québec, l'Ontario, la Colombie-Britannique, les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon, les plus importantes en terme de production et du nombre d'observations disponibles) pour la période 1960-80, ce qui requiert la recherche et la modélisation de chaque loi de taxe pertinente pour cette période pour ces cinq provinces et territoires en plus du niveau fédéral. L'intégration de ces équations de taxes dans notre modèle nous permet de dériver les prix après-taxes du capital sous chaque régime. On montre ensuite comment ces prix après-taxes doivent être utilisés dans une éventuelle application empirique.

Le travail est organisé comme suit. La première section constitue une revue de la littérature portant sur la théorie de la mine. La seconde examine certains aspects de la taxation des corporations, particulièrement son impact sur l'investissement des firmes, et les conditions sous lesquelles elle est neutre. La troisième section est consacrée à une revue extensive, détaillée et critique de la littérature se rapportant à la taxation de la mine; on y compare les hypothèses et les méthodes d'analyse mises de l'avant par les différents auteurs, ainsi que leurs résultats, de nature théorique ou empirique. La section IV expose notre modèle de la mine, les hypothèses qui le sous-tendent et leur justification, la technique d'optimisation choisie, et le prix implicite du capital qui en résulte. La section suivante suggère une méthodologie pour appliquer empiriquement l'ensemble des prix après-taxes obtenus, afin de calculer l'impact de la taxation sur la capacité de production choisie ex ante. La description de l'ensemble des régimes de taxation considérés, ainsi que l'exposition de tous les prix implicites après-taxes dérivés sous chacun de ceux-ci se retrouvent en appendice.

I LES PARTICULARITÉS DE LA FIRME MINIÈRE: LA THÉORIE DES RESSOURCES EXTRACTIVES NON-RENOUVELABLES

L'un des premiers auteurs à formaliser la caractéristique distinctive de la théorie des ressources épuisables, celui à qui nous devons ce que certains appellent le principe fondamental de la théorie[1] a été Harold Hotelling en 1931 (49). Dans un article traitant de plusieurs aspects du problème des ressources non-renouvelables, il énonce le principe selon lequel le prix réel de la ressource en terre (le prix de marché net du coût dans le cas où le coût de production est constant) doit croître au taux d'intérêt.

Hotelling examine d'abord le cas de l'industrie compétitive. Pour le détenteur d'une ressource épuisable, dont le stock est fini et connu, qui veut maximiser la valeur présente de ses profits futurs, la situation est celle-ci: si p_0 est le prix net (des coûts d'extraction) reçu de la vente d'une unité de ressource en t=0 et r est le taux d'intérêt du marché, alors ce propriétaire est indifférent entre recevoir p_0 immédiatement et $p_0 \cdot e^{rt}$ en t. Exprimé autrement, il sera indifférent entre produire une unité immédiatement et une unité plus tard si la valeur actualisée du prix net est constante durant la période (i.e. $p_t = p_0 \cdot e^{rt}$, $\forall t$); cela implique que le prix net initial de la ressource doit croître au taux d'intérêt, i.e. $\dot{p}/p = r$. Le profil d'extraction

---

1 Robert Solow (80, p. 356) est de ceux-là.

de la ressource, et donc la date d'épuisement de celle-ci seront par conséquent déterminés par le comportement intertemporel du prix, lui même fonction de la demande. L'auteur, avec un exemple chiffré, suggère que le taux de production diminue dans le temps, tandis que le prix de marché augmente, jusqu'à la date d'épuisement. À cet instant, si le prix initial a correctement été déterminé, il s'en suit que le prix maximum que l'on désire payer pour une unité de la ressource correspond exactement à une offre de ressource désormais nulle. Ce résultat obtenue en concurrence correspond aussi à un optimum social, i.e. lorsque l'objectif est plutôt la maximisation d'une fonction d'utilité sociale.

Hotelling examine aussi le cas du monopole, et conclut entre autre que celui-ci aura un taux d'extraction inférieur à la solution de concurrence, et par conséquent une date d'épuisement plus éloignée. Il aborde également la question de la taxation. Il montre qu'une taxe non-anticipée sur la valeur de la mine n'a aucun effet sur le taux d'extraction de celle-ci, mais ne constitue qu'un transfert de revenu de la firme vers l'État. La même taxe, si anticipée, a pour effet d'accroître le taux d'escompte effectif de la firme par un pourcentage correspondant au taux de la taxe, et contribue à hâter la production et l'épuisement de la mine. D'autre part, une taxe unitaire (taxe ad rem) incite à la conservation, puisqu'elle entraîne un ralentissement du taux de production, et donc un accroissement de la durée de vie de la mine.

. . . . . .

Étonnamment, la contribution majeure de Hotelling a tardé, sinon à être reconnue, à tout le moins à inspirer d'autres auteurs. Ce n'est que dans les années soixante que la littérature sur le sujet a vraiment commencé à proliférer. On a d'abord tenté de préciser et de perfectionner l'idée de base de Hotelling (Scott, Herfindahl, Gordon et d'autres), mais on a aussi vite identifié la simplicité de l'approche et les limites de ses résultats (Schulze, Pindyck, Levhari et Liviatan, Stiglitz et Dasgupta).

A.T. Scott (73) explore plus à fond le cas de la firme individuelle; il appelle coût d'usage le coût d'opportunité de produire une unité de ressource maintenant plutôt que dans le futur. Dans un cadre semblable à celui de Hotelling, i.e. stock de réserves connu et de qualité uniforme, où les prix et coûts sont donnés et fixes, il analyse le cas de la mine individuelle qui a pour objectif de maximiser sa valeur présente en ajustant son taux d'extraction, et à long terme sa capacité de production. Il confirme le résultat selon lequel le taux d'extraction est décroissant le long de la vie de la mine: même si toutes les conditions demeurent inchangées, il est profitable pour l'entrepreneur d'avoir une production relative plus élevée initialement, et relativement plus faible lorsqu'approche l'épuisement.

Cette conclusion est renforcée si on admet que certaines conditions peuvent changer dans le temps. Par exemple si les coûts augmentent avec la production cumulée, on confirme à fortiori que le taux d'extraction est décroissant dans le temps; cela peut même mener à un étirement de la durée de vie de la mine (à quantité totale extraite donnée), afin de retarder le plus possible les coûts accrus. Le coût peut aussi varier avec la qualité du minerai. Bien que moins catégorique sur ce point, Scott avance que lorsqu'il est possible de distinguer les réserves de teneurs différentes, celles-ci seront exploitées en ordre décroissant de qualité. Enfin, les prix et coûts de marché peuvent varier. L'effet de ces variations sur la production peut se résumer ainsi: toute variation de prix ou de coût qui augmente le coût d'usage d'extraire la ressource (i.e. les profits futurs sacrifiés) fait diminuer le taux d'extraction, et vice versa. Par exemple si les prix (escomptés) sont décroissants et/ou les coûts (escomptés) croissants, la profitabilité marginale présente d'extraire est plus élevée qu'elle ne l'aurait été autrement, et le producteur est incité à accroître sa production présente relativement à sa production future. Dans le cas d'effets de ce type très importants, ou pour des mines non encore en opération, une profitabilité marginale croissante dans le temps peut mener à une remise complète de la production à plus tard.

Herfindahl (47) propose une analyse graphique systématique du cas de l'industrie cette fois, où il y a concurrence parfaite, où les réserves sont connues et fixes, et les coûts constants. Dans le cas où les réserves sont homogènes, il établit le résultat de Hotelling, à savoir que le prix nominal net de la ressource en terre croît au taux d'intérêt. Il montre que le prix initial optimal de la ressource est uniquement déterminé, en ce sens qu'il doit être tel que le prix de marché de la dernière période rend la demande nulle à l'instant précis où il y a épuisement; tout autre prix initial ne peut être optimal, puisqu'un prix trop élevé implique une demande pour la ressource plus faible à chaque période, et qui s'annulera avant l'épuisement complet; à l'inverse, un prix initial trop bas amène une sur-consommation à chaque période, et l'épuisement de la ressource avant que la demande ne devienne nulle.

Une baisse du taux d'intérêt recule la date d'épuisement. La justification intuitive est évidente: une baisse du taux d'intérêt rend moins coûteux un délai de la production, i.e. hausse le 'coût d'usage'; l'effet de l'actualisation étant moins élevé, la valeur présente des profits futurs est plus grande qu'auparavant. Évidemment, une hausse du taux d'intérêt a l'effet inverse; à la limite un taux d'intérêt infini encourage la production immédiate du stock entier de ressource.

Une baisse de coût produit l'effet contraire d'une baisse du taux d'intérêt: la période de production est réduite. Cela, parce qu'elle provoque une accélération du taux de production présent, dû au fait que la baisse est plus importante en valeur présente au début de la période. Un accroissement de la demande a des effets similaires sur le taux de production et la date terminale. Au sujet du minerai hétérogène, Herfindahl montre que deux teneurs différentes ne peuvent être exploitées simultanément; la teneur la plus élevée doit nécessairement être extraite en premier.

Pour sa part, Gordon (39, 40) apporte une mise au point aux précédents résultats, en soulignant que si effectivement une hausse du taux d'intérêt incite à accélérer l'extraction, elle amène aussi une hausse des coûts, en restreignant l'investissement en biens d'équipement plus efficaces et en rendant le coût d'usage du capital plus élevé. Or parce que l'impact de cette hausse de coût est moins élevé si on escompte sur une plus longue période, l'incitation est plutôt à l'effet de prolonger la vie de la mine. L'impact final n'est pas évident à priori. Parce que le raisonnement dans le cas d'une baisse du taux d'intérêt est similaire mais à l'inverse, cela fait dire à Gordon que la croyance des conservationnistes à l'effet qu'il suffit d'un taux d'intérêt moins élevé pour accroître la durée de vie de l'industrie n'est pas fondée.

Dans (40), utilisant des techniques mathématiques pour dériver ses résultats (contrairement aux deux auteurs précédents), Gordon reprend l'analyse de Hotelling sur l'industrie pour la généraliser au comportement de firmes individuelles. Il montre explicitement qu'une firme qui maximise son profit sous la contrainte de ressource en quantité fini n'a pas comme règle de décision l'égalité de son coût marginal au prix; plutôt, le profit marginal est positif tout au long de la période, et il croît au taux d'intérêt - c'est la rente de la ressource, le 'coût d'usage' de Scott. De plus, à la date d'épuisement, puisque le producteur maximise son profit, le profit marginal correspond aussi au profit moyen.

Comme Herfindahl, Gordon note que la 'règle du r pourcent' est valide même avec des coûts de production constants. Toutefois, il établit que cette règle ne tient plus si les coûts sont croissants (fonction de l'output cumulé), puisqu'alors le profit marginal s'accroît moins vite que le taux d'intérêt. Cependant, la prétention de Scott à l'effet que le taux d'extraction diminue dans le temps est à fortiori confirmée. La croissance des coûts d'extraction est un indicateur du degré de difficulté toujours accru en production, i.e. un volume d'output de moins en moins important à effort constant (ou encore un effort requis accru à volume d'output constant). Seule la réduction de la production permet de contenir les coûts. Cet effet sera cependant plus ou moins accentué, selon l'évolution du prix de l'output; par exemple, une forte croissance des prix aurait sur le taux d'extraction l'effet contraire.

Gordon examine la question de la détermination du prix de la ressource. Pour une firme à coût constant, l'exigence qui veut que le profit marginal s'accroisse au taux d'intérêt implique que le prix de marché de la ressource augmente moins vite que le profit, mais à un taux croissant. L'imposition d'un taux de croissance fixe au prix de marché ne peut donc pas être optimale, puisque le profit marginal se trouve ainsi à décroître (plutôt que d'augmenter au taux d'intérêt), et qu'il y a alors incitation à concentrer la production dans la seule première période. L'auteur justifie aussi le résultat de Herfindahl dans le cas de minerais de qualité variable: les mines aux coûts les plus bas seront d'abord exploitées, puisque la croissance du prix de marché qui assure la 'règle du r pourcent' pour ces firmes est aussi une incitation pour les autres mines à coûts plus élevés à attendre; en effet, la profitabilité marginale de ces dernières croît à un taux supérieur à celle des firmes déjà en opération, si bien qu'il est avantageux pour elles de ne commencer l'exploitation que lorsque les mines à coûts inférieurs sont épuisées.

Finalement, Gordon montre que la solution de marché concurrentiel peut ne pas correspondre à la solution socialement optimale, certaines firmes dans le premier cas pouvant se retrouver dans la situation d'être incapable d'épuiser complètement leur stock de ressource avant que la demande ne s'annule.

Cummings (27) examine le cas d'un stock ressource exploité simultanément par plusieurs firmes, chapeautées par une autorité centrale qui maximise la valeur présente des profits du stock en assignant un taux de production à chaque firme. Ce modèle représente une formalisation du problème soulevé par Gordon sur l'optimalité sociale du cadre de marché de concurrence, étendu au cas d'un stock commun de ressource. Celui-ci doutait que les deux solutions correspondent, étant donné que dans le record cas, chaque mine doit égaliser la somme de son coût marginal et de son coût d'usage au prix, alors que l'efficacité sociale requiert, en plus d'une telle égalité au niveau de l'industrie, l'égalité des coûts marginaux de production parmi les mines en opération. Le modèle de Cummings, pour le cas d'un stock commun de ressource amène une réponse à ce problème: la solution n'est effectivement pas la même, parce que la règle de décision diffère selon que celle-ci s'applique au niveau de chaque mine ou au niveau de l'autorité centrale; dans ce dernier cas, les taux de production assignés font que les coûts marginaux sont égalisés entre firmes, le profit tiré du stock de ressource est maximisé, et par conséquent le profil de production est socialement optimal.

L'auteur modelise le cas où la production cumulée affecte les coûts et le taux d'extraction présent. Il vérifie le résultat de Scott selon lequel la période de production de la mine se trouve alors prolongée. Il corrobore aussi Gordon lorsqu'il montre que cela implique aussi un profit marginal qui croît à un taux moindre que le taux d'intérêt.

Burt et Cummings (12), en réponse à un article de Smith (77), proposent un modèle de la mine où le capital est explicitement pris en considération (ce qui n'est pas le cas jusqu'ici, le capital étant implicitement supposé comme donné). En plus du taux d'extraction, l'investissement est défini comme une variable de contrôle dans la maximisation du profit. On obtient donc un sentier d'extraction optimal, et en plus un sentier d'accumulation du capital optimal. La forme du coût d'usage de la ressource obtenue diffère notablement de celle des cas simples précédents.

Schulze (71) élargit considérablement l'horizon de la question de la production optimale de ressources épuisables pour inclure des considérations telles l'impact de l'extraction sur l'environnement, l'introduction du recyclage des ressources, et l'impact du changement technologique. Dans un langage sensiblement différent, il établit d'abord des résultats déjà connus: si la structure de coût est la même pour chaque firme, la solution de concurrence est optimale; puisqu'il suppose que chaque mine produit la même quantité, la décroissance de l'output de l'industrie dans le temps se traduit par une baisse du nombre de firmes, jusqu'à zéro à l'épuisement[2]. Les détenteurs de 'droits miniers' voient la valeur imputée de ceux-ci (rien d'autre que le coût d'usage) croître au taux d'intérêt. Il n'existe qu'un taux de production optimal pouvant assurer ces résultats.

Lorsque l'auteur internalise dans la règle de décision l'externalité que constitue les dommages environnementaux infligés par l'extraction cumulative, le profil d'extraction est modifié: essentiellement, à durée de vie constante, on produit beaucoup moins au début et plus vers la fin[3]. Il suggère que cette solution peut être atteinte par l'imposition d'une taxe sur les droits miniers de façon à augmenter leur prix effectif.

La présence d'un marché pour la ressource recyclée affecte aussi le sentier optimal d'extraction. Dans ce modèle, si on suppose la présence d'un marché futur pour les rebus recyclables, et donc d'une demande pour les matériaux recyclés, la courbe de demande pour la ressource est déplacée verticalement d'une valeur équivalente à celle du rebus, i.e. la valeur que garde la ressource après son utilisation. On

---

2 Ce résultat se distingue de celui de Scott (où l'output de la firme diminue dans le temps) parce que Schulze suppose qu'il y a entrée libre sur le marché. Chacun des deux auteurs a donc une dimension (implicitement ou non) fixe; dans chaque cas, le résultat fondamental demeure: l'output de l'industrie diminue dans le temps.

3 Si T, la date terminale avait été endogène, on peut imaginer que le résultat aurait été un recul de la date d'épuisement.

montre que la valeur du rebus s'accroît à un taux supérieur au prix de la ressource en terre. Quant au profil d'extraction, plusieurs scénarios sont possibles, où l'output agrégé (ressource et matériaux recyclés) est soit continuellement décroissant, soit croissant un certain temps puis décroissant.

Finalement, Schulze analyse le cas de teneurs multiples. Si on assimile chaque teneur à une réserve distincte, que l'on pose la contrainte qu'une seule teneur peut être extraite par unité de temps, et qu'on fait l'hypothèse qu'il existe une série de marchés futurs correspondants chacun à une réserve de teneur distincte, on trouve que la solution de concurrence est aussi celle qui est socialement optimale. La valeur de chaque droit minier associé à une teneur croît au taux d'intérêt, et l'écart entre les valeurs de chacun s'explique par les différences de coûts de production. L'extraction commence à la teneur la plus élevée, et se poursuit de façon séquentielle; au niveau de la mine, le taux d'extraction peut être croissant ou décroissant, selon l'évolution du coût de production, mais au niveau de l'industrie, il est décroissant.

Stiglitz (88) compare les solutions données par une industrie compétitive et une industrie monopolistique. Avec un modèle simple sans coût de production, et avec une fonction de demande à élasticité constante (à chaque période), il montre que les sentiers de prix et de production sont les mêmes pour les deux cadres de marché. Par contre, si l'élasticité de demande est croissante dans le temps, une hypothèse vraisemblable dans le cas de la découverte de substituts à la ressource, le taux d'accroissement du prix sera inférieur pour le monopole, ce qui résultera en un taux de production inférieur au début. D'autre part, si la demande est à élasticité constante mais que la firme fait face à des coûts d'extraction qui diminuent dans le temps, les prix sont tels que le taux de production du monopole est inférieur au début par rapport à la situation de concurrence. Dans les deux cas, le monopole adopte un comportement 'conservationniste'. Enfin Stiglitz reconnaît qu'au niveau fiscal une allocation d'épuisement favorise un taux de production accéléré, et en conséquence il suggère que pareille distorsion peut contribuer à annuler l'autre sous-optimalité amenée par la présence de monopoles produisant à un taux inférieur à l'optimum.

Sweeny (91) examine l'effet sur le taux d'extraction de diverses sources de distorsions. Il confirme le résultat précédemment énoncé selon lequel on extrait les réserves par ordre croissant de coût lorsqu'on a plusieurs mines avec des coûts marginaux constants mais différents. Toutefois, lorsque les coûts pour chaque mine sont croissants, l'extraction simultanée de plusieurs mines est admise; pour chacune, plus les réserves seront considérables et/ou plus les coûts seront bas, plus le taux d'extraction sera élevé.

Pour l'allocation d'épuisement, l'auteur démontre les énoncés suivants: Dans le cas où toute la ressource est extraite, s'il n'y a pas de coût d'extraction, cette mesure ne modifie pas le taux d'extraction. Par contre, s'il y a des coûts d'extraction constants, on retrouve un résultat connu: l'allocation d'épuisement accroît le taux initial d'extraction, aux dépend de l'extraction future. Pour le monopole, les résultats de Sweeny, plus généraux que ceux de Stiglitz, confirment implicitement ces derniers. Pour toute élasticité de demande non décroissante dans le temps, le monopole produit à un taux qui n'est pas supérieur au taux en concurrence; de plus, s'il y a coût de production non-croissant, le monopole extrait à un taux inférieur au taux optimal.

Dans le cas des externalités ignorées (on peut ici faire le parallèle avec Schulze), les résultats sont fonction de la relation entre le coût de l'externalité et le taux d'intérêt. Si ce coût croît à un taux inférieur au taux d'intérêt, ignorer l'externalité mène à un taux d'extraction plus élevé que l'optimum, où les coûts sont internalisés; si le coût croît à un taux supérieur au taux d'intérêt (et que toutes les réserves sont éventuellement épuisées), ne pas internaliser le coût donne un taux de production plus faible; enfin, les deux sentiers sont identiques si le coût non-internalisé croît précisément au taux d'intérêt. Finalement, un contrôle du prix de l'output cause aussi un biais du profil d'extraction, mais l'auteur ne peut en indiquer la direction à priori sans données pertinentes.

Le cas de teneurs hétérogènes est étudié par Solow et Wan (81) dans le cas d'un modèle de croissance[4], par Ulph (92) et aussi par

---

4 D'ailleurs, la littérature portant sur la théorie de la croissance s'est enrichie de contributions où l'on inclut la contrainte de ressource finie, et analyse l'impact de celle-ci sur la poursuite de l'objectif d'un taux de croissance optimal de l'économie. Voir Stiglitz (85, 86), Solow (79), Dasgupta et Heal (28).

Cairns (14). Les premiers cherchent à caractériser l'utilisation optimale de la ressource associée au niveau le plus élevé de consommation maintenable. Ils confirment le résultat usuel selon lequel il n'est pas optimal d'exploiter une ressource dont le coût de production est élevé tant que celle à plus bas coût n'est pas épuisée. Ulph tente de justifier pourquoi le résultat classique tout juste énoncé n'est pas observé dans la réalité. Il suggère que la présence simultanée d'un monopole détenant certaines teneurs, et d'une industrie compétitive, avec d'autres, peut être une explication. Ou encore l'existence de rendements décroissants à l'échelle, ce qui a été aussi souligné par Sweeny, comme on l'a vu précédemment. Mais son modèle développe toutefois une troisième explication: la présence de coûts de 'préparation' de la mine. Lorsqu'un stock donné de réserves à plusieurs teneurs n'est qu'en partie exploitable, et qu'il faut encourir des coûts pour accéder à cette autre portion non exploitable immédiatement (où toutes les teneurs sont présentes), la firme aura le comportement suivant: elle produira d'abord séquentiellement les teneurs disponibles (celles au-dessus d'une certaine teneur marginale déterminée endogènement) puis entrera dans une phase où elle devra à la fois mettre en valeur le stock non-disponible (les coûts de 'préparation') et extraire ce minerai, que l'on suppose composé de plusieurs teneurs différentes. En dépit des coûts de préparation, il est plus profitable à la firme d'extraire ce minerai de teneur multiple, que d'extraire séquentiellement les teneurs disponibles inférieures à la teneur marginale. L'auteur montre que l'évolution du prix et de la rente de ce modèle correspond à celle du modèle usuel à teneurs multiples sans coûts de préparation.

De son côté Cairns (14) modelise le cas (plus près de la réalité) où la firme ne peut choisir la teneur de minerai qu'elle veut extraire. En faisant des hypothèses sur la distribution spatiale des teneurs dans le gisement, lesquelles impliquent nécessairement l'extraction de plus d'une teneur à la fois, il trouve, comme on doit s'y attendre, que la règle du 'r pourcent' ne tient plus: la rente croît moins vite que le taux d'intérêt, un résultat similaire à celui obtenu si on assimile le problème des multiples teneurs à celui du coût marginal qui varie avec la qualité de réserves distinctes.

Dans ce modèle, la teneur marginale est endogène et déterminée à chaque période, et cette caractéristique permet de préciser certains résultats. Par exemple, on montre que si le monopole recule la date d'épuisement de la mine, il 'gaspille' aussi la ressource, parce qu'il recouvre au total moins de minerai que ne l'exige l'optimum social. Pour une firme en concurrence avec contrainte de capital fixe, l'auteur montre que la firme hausse sa teneur marginale lorsque le prix augmente, et qu'elle peut même stopper la production suite à une fluctuation importante de celui-ci. On constate enfin qu'une royauté (sur la production de métal ou de minerai), une taxe d'accise sur le capital, ou un impôt sur les profits ont tous un même effet qualitatif, celui de réduire l'investissement, de hausser la teneur marginale (ce qui réduit la production totale) et d'accroître la durée de vie de la mine.

Levhari et Liviatan (54) reprennent l'analyse de Hotelling, mais sur la base d'hypothèses moins restrictives. Dans le cas où les coûts augmentent avec l'output cumulé, ils définissent le concept de 'full marginal cost' qui est la somme du coût marginal, du coût d'usage de la ressource et d'un troisième terme décrivant l'évolution des coûts avec l'output cumulé. Contrairement à Gordon et Cummings, ils affirment que lorsque chaque firme tient compte de tous les coûts, la solution de concurrence est nécessairement optimale, le 'full marginal cost' étant égalisé entre toutes les firmes.

La nouveauté de leur approche est de ne pas imposer à priori que l'output terminal sera nul ou que la ressource sera complètement épuisée (l'hypothèse chez la plupart des auteurs). Ils montrent d'abord que si l'on suppose l'épuisement complet, l'output en dernière période n'est pas nécessairement nul, mais peut être positif. Ensuite, on constate que l'épuisement complet n'est pas une contrainte nécessaire au modèle. Toutefois, la règle de décision est modifiée, parce que la composante 'coût d'usage' de la ressource disparaît du 'full marginal cost': seul demeure, au delà du coût marginal, le terme associé aux coûts croissants avec la baisse des réserves.

Dans le cas avec épuisement complet, les auteurs réitèrent la conclusion de Gordon à l'effet que la présence de coûts croissants invalide la règle du 'r pourcent', et plus précisément montrent qu'en fait il n'y a aucune relation entre le profit marginal et le taux d'intérêt dans ce cas. D'autre part, ils démontrent que la conclusion qui veut que l'output diminue dans le temps n'est défendable que si on suppose les coûts constants; s'ils croissent avec l'output cumulé, la production peut être croissante dans le temps pendant une fraction ou même la totalité de la période d'exploitation (afin de minimiser la période pendant laquelle on encourt des coûts plus élevés). Comme Herfindahl, ils constatent qu'une hausse du taux d'intérêt accélère l'extraction, mais l'extraction totale n'est pas modifiée: seule la date terminale est avancée; c'est aussi vrai dans le cas d'une hausse de la demande, si on suppose à priori l'épuisement complet. Par contre, si la quantité totale extraite est laissée endogène, alors on est incité à produire plus vite <u>et</u> à extraire plus de minerai qu'autrement; la date de l'épuisement par rapport au cas de référence demeure toutefois indéterminée. Dans la même veine que Scott, ils montrent qu'il en profite au producteur de retarder toute production vers le futur si le prix croît à un taux supérieur au taux d'intérêt. Une telle croissance des prix toutefois ne peut être soutenue que temporairement. Finalement, ils montrent que la conclusion de Hotelling sur l'effet d'une taxe unitaire imposée sur le minerai extrait n'est pas toujours vraie si l'épuisement n'est pas complet, puisque la vie de la mine peut être raccourcie ou prolongée.

Nous ne pouvons terminer cette brève revue sans mentionner les contributions de Stiglitz et Dasgupta (89), qui décrivent l'évolution de la production et du prix d'une ressource épuisable dans différents cadres de marché, lorsqu'il y a introduction d'un substitut à la ressource; de Pindyck (62), qui décrit le comportement d'une firme qui doit choisir un taux d'extraction <u>et</u> un taux d'exploration optimal (au lieu de traiter les réserves comme fixes); enfin celles de Arrow et

Chang (2) et Lasserre (53) qui introduisent l'incertitude dans l'analyse de l'exploration, et qui montrent pourquoi dans ce contexte le prix implicite de la ressource en terre ne croît pas au taux d'intérêt[5].

---

5 Une excellente synthèse de la théorie des ressources épuisables peut être trouvée dans Dasgupta et Heal (29). En outre, ceux-ci, de même que Solow (80) caractérisent bien la particularité unique d'une ressource épuisable, qui doit à la fois satisfaire un équilibre de stock (en tant qu'actif détenu comme réserve de valeur) et un équilibre de flux (i.e. égalité de l'offre et de la demande sur le marché de la ressource en tant que bien consommé ou inclu dans un processus de production).

II LA TAXATION DES CORPORATIONS: BREF REGARD SUR LA THÉORIE

Puisque le modèle développé plus loin s'applique à des taxes imposées sur le revenu des corporations (l'impôt sur le revenu des corporations, et au Canada, la plupart des taxes minières, aussi appelées royautés), nous désirons dans cette section examiner ce que nous dit la théorie économique sur le sujet. En général, pour déterminer les effets d'un impôt quelconque, on définira d'abord les conditions sous lesquelles celui-ci est neutre, puis on identifiera les distorsions associées à celui-ci, caractérisées par une solution divergente de celle obtenue sous la neutralité. Dépendantes de l'étendue que veut donner l'auteur à ses résultats, ces conditions de neutralité peuvent être plus ou moins exigeantes; généralement, on dit qu'une mesure fiscale est neutre si elle ne change pas les décisions d'investissement de l'entrepreneur, en volume et quant au choix des facteurs de production.

Le plus souvent, l'approche consiste à définir le coût d'usage d'une unité de capital, et à regarder comment la taxation le modifie; parce que le décideur fait ses choix en considérant des prix et taux de rendement <u>après-taxes</u>, le prix implicite d'une unité de capital en présence d'une taxe sur les profits contient tous les paramètres pertinents de celle-ci. Une taxe peut modifier ce coût d'usage, ou le laisser intact; dans le dernier cas, la taxe est neutre, pour l'investissement considéré; sinon, la taxe est source de distorsion.

Un de ceux qui ont inspiré de façon significative une partie du développement théorique à venir fut Jorgenson. En 1963 (50), il propose une théorie de l'investissement basée sur la théorie de néo-classique de l'accumulation du capital. Il inclut explicitement un impôt sur le revenu net de la firme dans l'équation décrivant la valeur nette de celle-ci. Il obtient comme condition de premier ordre de maximisation de cette valeur nette le prix implicite d'une unité de capital qu'il appelle 'coût d'usage du capital', i.e. le coût du service d'une unité de capital pendant une période donnée. Celui-ci incorpore tous les paramètres fiscaux de son système de taxation. L'effet de la taxation sur les décisions d'investissement de la firme est donc clairement défini. Toutefois, cet article ne porte pas spécifiquement sur l'analyse de l'impact de la fiscalité sur l'investissement. Cependant, Hall et Jorgenson (42, 43) poursuivent ce but.

Chaque fois, les auteurs estiment empiriquement l'impact de l'imposition ou de la modification de mesures fiscales précises comme les politiques d'amortissement du coût en capital ou le crédit à l'investissement sur le volume, la composition et la distribution intertemporelle de l'investissement. Le coût d'usage est dérivé de la même façon. Sous chaque régime fiscal considéré, ils peuvent calculer une valeur du coût d'usage de la firme. L'investissement est décrit dans une fonction où apparaît le stock réel de capital et le stock désiré; or ce stock désiré varie entre autre avec le coût d'usage du capital. Un changement dans un des paramètres de taxation peut donc stimuler l'investissement via une baisse du coût d'usage, laquelle entraîne une hausse du stock de capital désiré. Non seulement l'investissement des quelques périodes suivantes peut être affecté (i.e. le 'nouvel investissement') mais aussi celui de plusieurs périodes subséquentes ('l'investissement de remplacement'), attendu que la firme investit aussi pour remplacer le capital usé.

Dans l'article de 1967 de Hall et Jorgenson, on constate que les trois incitations mises de l'avant par le gouvernement américain pour stimuler l'investissement (amortissement accéléré dans les deux premiers cas, et crédit d'impôt à l'investissement dans l'autre) ont eu des effets substantiels sur le niveau, et aussi sur la composition de l'investissement, l'effet du crédit d'impôt étant de loin le plus important[6]. Il n'y a donc pas de doute, les investisseurs répondent bel et bien aux incitations mises en place. L'article de 1971, avec une version améliorée de la fonction d'investissement, mène aux mêmes résultats fondamentaux. On montre aussi que des incitations défavorables à l'investissement ont des effets quasi-symétriques sur le niveau de celui-ci: si on retire les mesures fiscales favorables tel le crédit d'impôt, le coût d'usage après-taxe augmente et l'investissement diminue[7].

. . . . . .

6 Les résultats obtenus indiquent que plus de 40% du total des investissements en équipement dans le secteur manufacturier de l'année 1963 sont attribuables à la présence du crédit d'impôt à l'investissement introduit en 1962. (42, p. 410)

7 (43, p. 51-59)

Les résultats empiriques de Hall et Jorgenson confirment des implications qualitatives évidentes de leur modèle de l'investissement; en plus, ils fournissent des estimés quantitatifs des effets de la fiscalité, une dimension que ne peut avoir la simple analyse théorique. Dans les pages qui suivent, nous décrivons quelques résultats théoriques établis dans la littérature, où l'approche adoptée s'inspire en général de celle de Jorgenson et Hall-Jorgenson.

Une synthèse des principaux résultats sur l'impact de la taxation des corporations peut être trouvée dans Boadway (6). Telle que supposée usuellement, l'analyse en est une d'équilibre partiel, pour une firme individuelle cherchant à maximiser ses profits[8], qui prend les prix comme donnés et connaît avec certitude leur évolution future, produisant un bien sous contrainte d'une fonction de production néo-classique. On dit d'une mesure qu'elle est neutre si elle laisse inchangé le coût d'usage du capital.

Considérons une taxe sur le profit des corporations, qui accorde la déduction, en plus des coûts courants, des frais d'intérêt et d'une allocation d'amortissement du coût de capital. Boadway montre qu'une telle taxe sera neutre quant au volume d'investissement (i.e. ne modifiera pas la productivité marginale du capital) si la valeur

---

8 Hall et Jorgenson (43) et Sandmo (70) montrent que l'objectif de maximisation de la valeur présente nette de la firme donne les mêmes résultats.

présente des déductions futures associées à un dollar de capital (en intérêt et amortissement) est égale à l'unité. Comme l'ont montré Smith (76), Stiglitz (87) et d'autres, un cas particulier de cette situation est lorsque l'on permet la déduction immédiate de la dépense de capital et aucune déduction de frais d'intérêt. Stiglitz (87) et Boadway (5) ont aussi démontré que la déduction de la 'vraie' dépréciation i.e. la dépréciation économique et des frais d'intérêt sur le capital non-amorti assure que la valeur présente des déductions est l'unité, et donc que la taxe est neutre. Tout taux de dépréciation supérieur au 'vrai' taux (le cas de l'amortissement accéléré) diminue le coût implicite du capital, et favorise un accroissement de l'investissement. Samuelson (69) et Stiglitz (87) montrent aussi qu'une taxe qui accorde la seule dépréciation économique peut aussi être neutre; Stiglitz l'interprète comme une taxe sur le capital (sur les revenus d'intérêt), tandis que la précédente, qui accorde aussi les frais d'intérêt, n'est rien d'autre qu'une taxe sur les profits. Pour Hall et Jorgenson (43) la vrai dépréciation n'est neutre qui si le taux de rendement avant-taxe est fixé. Par contre, si c'est plutôt le taux de rendement après-taxe qui est fixé, la neutralité requiert que la valeur présente des allocations d'amortissement corresponde au coût de l'actif (ce qui signifie un taux d'amortissement supérieur au taux économique).

Sandmo (70) utilise un modèle à deux biens de capital pour illustrer l'impact de l'impôt sur le revenu des corporations sur le choix des facteurs de production. Toute disposition qui fait varier les parts relatives de la main-d'oeuvre et du capital et/ou les parts relatives de chaque type de capital (à durées de vie différentes) dans la fonction de production rend la taxe non-neutre. C'est le cas lorsque l'allocation d'amortissement du coût de capital ne correspond pas à la dépréciation économique: parce que cette distorsion modifie le prix relatif du capital et de la main-d'oeuvre, elle incite à une sous-utilisation du premier par rapport au second; ensuite, parce qu'elle change le prix relatif entre chaque type de capital, elle peut favoriser l'emploi d'un bien de capital par rapport à l'autre. L'auteur donne l'exemple d'un cas où l'amortissement accéléré sur les deux actifs entraîne une sur-utilisation de biens de capital à courte vie, au dépend de l'emploi des actifs plus durables. Dans cette situation où la déduction accordée ne correspond pas à la 'vraie' dépréciation, la neutralité n'est assurée que si on fait en sorte que la distorsion soit proportionnellement identique pour tous les actifs (de façon à ce que leur prix relatif ne change pas).

Sandmo examine aussi la déduction pour frais d'intérêt. Comme une firme se finance par des emprunts mais aussi par l'émission d'actions, et que généralement la déduction de l'intérêt sur ce dernier type de financement n'est pas admise, la firme ne peut en pratique déduire complètement ses frais d'intérêt. L'auteur montre alors qu'un impôt sur le revenu des corporations ne peut être neutre s'il n'admet la déduction des frais d'intérêt que sur la fraction empruntée du capital. Il est non-neutre quant au choix capital-main-d'oeuvre, puisqu'il incite à l'utilisation de plus de main-d'oeuvre; il est aussi non-neutre quant à la composition du capital, favorisant le capital relativement peu durable.

Boadway (5) analyse six mesures d'incitation à l'investissement, dans le cadre d'un modèle où les prix relatifs et le taux d'intérêt sont fixes, où les facteurs de production sont substituables, et où la firme veut maximiser la valeur actualisée de ses dividendes. Chacune des incitations est susceptible de changer le volume, mais aussi la composition de l'investissement. Une incitation efficace est définie comme étant neutre si elle ne modifie pas l'allocation du capital entre possibilités d'investissement de durées différentes (i.e. si la valeur de la productivité marginale du capital demeure la même d'un secteur à l'autre, une condition comparable à celle de Sandmo).

Prenons comme point de départ un impôt des corporations neutre (celui qui accorde la déduction complète des frais d'intérêt et la 'vraie' dépréciation). L'allocation à l'investissement (une fraction de la valeur de l'investissement brut) et le crédit d'impôt sur l'investissement brut (aussi une fraction du montant brut) sont neutres quant au choix de capital, à la condition que dans le second cas, la base sujette à amortissement ne soit pas modifiée; si par contre l'allocation d'amortissement est réduite par le montant du crédit d'impôt, il y a distorsion en faveur du capital de longue durée. On obtient d'ailleurs un résultat identique dans le cas de l'allocation initiale (on déduit immédiatement une fraction de l'investissement brut, puis le solde est amorti normalement), dans le cas du crédit d'impôt sur l'investissement net, et du subside des frais d'intérêt (i.e. baisse du taux d'intérêt effectif pour la firme). Finalement, il établit que l'amortissement accéléré amène une distorsion quant au choix de capital, dont la direction est fonction du taux alloué au plan fiscal versus le taux économique, et du taux d'intérêt.

Évidemment, souligne Boadway, un impôt des corporations peut être non-neutre même sans mesure d'incitation, en raison de la structure même de la taxe. C'est le cas lorsque le taux d'amortissement ne correspond pas au 'vrai' taux de dépréciation, ou, comme l'a montré Sandmo, lorsque la déduction des frais d'intérêt n'est que partielle; on discrimine, dans ce dernier cas, contre l'investissement à long terme.

Södersten (78) compare l'amortissement accéléré à un prêt sans intérêt du gouvernement. Parce qu'elle permet de différer la taxe vers le futur, cette mesure, lorsqu'intégrée dans une équation du coût de financement d'une corporation, s'assimile à une troisième source de financement (sans frais) à côté des deux instruments usuels, le capital-action et les emprunts. Boadway et Bruce (7) reprennent l'analyse de l'impact de la taxation des corporations en introduisant des considérations de contraintes de financement. En incorporant la dette de la firme dans l'expression décrivant les dividendes de celle-ci, lorsque le propriétaire désire maximiser son utilité en allouant dans le temps sa consommation (i.e. consommation présente vs. investissement), on montre qu'il est nécessaire d'imposer une contrainte de financement à la firme. Sans celle-ci, un individu pourrait emprunter via la firme, à un taux d'intérêt effectif inférieur (parce que ces frais sont déductibles de l'impôt de la corporation) puis se retourner et prêter au taux du marché, avec profit, et cela sans limite.

Les auteurs suggèrent deux contraintes: interdire l'emprunt qui ne servirait qu'à payer des dividendes (une pratique qui constitue une façon d'exploiter la dite possibilité d'arbitrage), i.e. restreindre le volume de la dette au stock de capital comptable, ou deuxièmement, restreindre le volume de la dette à ne pas dépasser la valeur du stock réel de capital.

Comme les auteurs précédents, Boadway et Bruce trouvent que la 'vraie' dépréciation est neutre, en ce qu'elle laisse le coût d'usage du capital inchangé. Toutefois, même une taxe sans le 'vrai' taux de dépréciation peut être neutre, si la première contrainte de financement s'applique: quelque soit la distorsion amenée par un amortissement non-économique, elle est exactement compensée par une modification de la valeur présente des déductions des frais d'intérêt. Par contre, si la seconde contrainte est celle qui est en vigueur, toute déviation de la dépréciation économique est non-neutre; par exemple, l'amortissement accéléré diminue le prix implicite du capital, et incite à une accumulation du capital accrue. Finalement, les auteurs utilisent leur modèle pour réinterpréter quelques résultats précédemment obtenus dans la littérature[9].

---

9 Ainsi, ils critiquent Sandmo et Jorgenson pour leur façon de traiter l'amortissement; ces derniers appliquent le taux comptable d'amortissement (différent du vrai taux de dépréciation) sur le stock réel de capital. On soutient plutôt que ce taux comptable doit s'appliquer sur le stock comptable de capital, et non sur le vrai stock, qui se déprécie au taux réel et non au taux comptable. Négliger cette distinction revient à amortir plus de 100% de la valeur du capital lorsque le taux accordé correspond à un cas d'amortissement accéléré. Il reprochent aussi à Hall et Jorgenson (42) de ne pas inclure dans leur impôt sur le revenu la déduction pour frais d'intérêt, et enfin remettent le résultat de Stiglitz, sur la neutralité d'une taxe que n'accorde pas les frais d'intérêt, dans une perspective plus restreinte.

Sandmo (70) et Boadway (6) analysent les conséquences d'une variation du prix de marché du capital. Dans ce cas, la condition de neutralité usuelle ne tient plus. Pour conserver la neutralité de la taxe, le gain de capital associé à la hausse du prix du capital doit explicitement figurer dans l'expression du revenu taxable; c'est le cas lorsque le taux effectif d'amortissement tient compte de l'accroissement du prix du capital, i.e. si l'amortissement et les déductions d'intérêt sont calculés à partir de la valeur de remplacement du capital, plutôt qu'à partir du coût historique. Sandmo montre que si on ne tient pas compte de la hausse du prix des biens de capital, la taxe favorisera l'emploi de plus de capital relativement à la main-d'oeuvre, et, dans le cas particulier où le taux de croissance du prix de deux actifs serait identique, incitera l'emploi de capital à durée de vie plus élevée.

Boadway examine aussi l'impact de l'inflation généralisée et anticipée. Analytiquement, cette restriction correspond à additionner au taux d'escompte le taux d'inflation. Entre autres résultats, on constate que la taxe demeure neutre si elle permet la déduction immédiate du coût de capital et aucune déduction des frais d'intérêt, ou encore une allocation d'amortissement et la déduction des frais d'intérêt (calculée sur le solde non-amorti pour fin de taxation) basées sur le coût historique (et ce, que le taux d'amortissement corresponde ou non au 'vrai' taux). Par contre une telle taxe, où les déductions seraient plutôt basées sur la valeur de remplacement ne serait pas neutre, puisqu'elle abaisserait le coût d'usage du capital. Encore une fois, il faudrait additionner les gains de capitaux nominaux au revenu taxable pour éliminer la distorsion.

Enfin Schworm (72) note que dans toutes les analyses portant sur l'impact de la taxation sur l'investissement, on traite le taux d'utilisation et d'entretien des biens en capital d'équipement comme des constantes technologiques. Or, avance-t-il, ces taux, i.e. le degré avec lequel on utilise et on maintient la capacité productive des actifs est en fait une variable endogène, affectée par les décisions de production, les décisions d'investissement, et par conséquent par les politiques de taxation. Le modèle propose donc un coût d'usage du capital où le coût d'utilisation du capital est une variable qui s'ajuste au gré des décisions de production; essentiellement, ce coût d'utilisation n'est rien d'autre que le taux effectif de dépréciation, lequel est fonction du degré d'utilisation de l'équipement et de l'effort mis à son entretien. En somme, le taux de dépréciation économique est variable et endogène.

La condition de neutralité sous ce modèle est plus complexe, et aussi plus restrictive. Si les frais d'intérêt sont admis en déduction, et que l'amortissement fiscal n'est pas lié aux décisions quant à l'utilisation du capital (i.e. si le taux accordé ne correspond pas en tout temps au taux économique, lui même variable) alors cette divergence amène une distorsion et la taxe est non-neutre. Elle sera neutre seulement si le taux d'amortissement pour fin de taxe correspond en tout temps à la dépréciation économique résultant des décisions de production, ou si on admet la déduction immédiate des coûts de capital, sans allocation pour les frais d'intérêt. Ces résultats sont dans la lignée de ceux obtenus précédemment dans un cadre plus conventionnel. Les résultats qui suivent le sont toutefois moins.

Schwrom montre en effet que tout changement dans le taux de taxation, les politiques d'amortissement ou le taux du crédit d'impôt à l'investissement a un effet indéterminé sur l'utilisation et l'entretien du capital. Or la demande accrue en service du capital peut être comblée soit par l'achat de nouvelles machines, soit par l'accroissement du taux d'utilisation du stock existant. Par conséquent, un stimulant fiscal peut soit accroître, soit diminuer la demande de capital, parce qu'en plus de faire baisser le coût du service du capital, elle fait aussi baisser le coût marginal d'utilisation et le bénéfice marginal de l'entretien, laissant l'effet final indéterminé (lequel dépend de la magnitude de chaque effet marginal). L'effet des stimulants fiscaux sur la demande de capital est donc moins évident que dans le cas d'une analyse à la Hall-Jorgenson. Pour terminer l'auteur montre que contrairement aux modèles répandus, on ne peut relier la demande de capital au prix implicite du capital. On ne peut donc rien dire sur l'impact de variation de paramètres de taxation sur le stock de capital lorsque le taux d'utilisation et d'entretien est variable, ce qui invalide dans ce cas des modèles comme celui de Hall-Jorgenson.

. . . . . .

Cette revue de la littérature a donc couvert divers aspects de la taxation des corporations. Ce qu'il faut en retenir, c'est qu'à mesure que l'analyse tente de tenir compte plus fidèlement de la réalité, les conditions de neutralité de la taxe deviennent de plus en plus exigentes et étroites. Ce n'est pas tout de dire qu'une taxe pure sur les profits est neutre. La structure même de l'impôt, avec ses déductions et incitations à l'investissement, l'environnement économique fait d'incertitude et d'inflation, et les contraintes financières de la firme (sans compter toutes les autres réalités ignorées par l'analyse) représentent autant de facteurs qui nous font douter qu'un impôt des corporations puisse jamais être 'neutre'.

III ASPECTS THÉORIQUES ET EMPIRIQUES DE LA TAXATION DE LA MINE: UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE

À ce point, nous voici avec, d'un côté, les caractéristiques que doit avoir le profil intertemporel de production d'une ressource en quantité finie, et de l'autre, une série de conditions assurant la neutralité d'une taxe sur le revenu des corporations. Alors dans quelle mesure cette taxe affecte-t-elle le sentier optimal d'exploitation, et dans quelles circonstances est-elle neutre? En particulier, quel est l'impact des dispositions spécifiques à l'industrie minière? Et qu'en est-il d'une taxe sur la valeur de la production? Sur la quantité produite?

Et puis tout d'abord, pourquoi taxe-t-on une mine? On peut répondre en avançant deux ordres de justification: d'abord on taxe la mine dans sa dimension de citoyen corporatif: taxe sur le revenu, sur la vente de ses produits, sur la valeur du territoire qu'elle occupe, etc., comme toute autre corporation; mais il y a une autre raison qui justifie une intervention fiscale: le fait qu'elle utilise dans sa production une ressource présente en quantité limitée. Qu'il y ait deux objectifs ne signifie cependant pas qu'il y a deux séries de taxes distinctes. La taxe poursuivant le premier but peut être modifiée pour tenir compte de l'autre préoccupation; l'exemple évident au Canada sont les impôts fédéral et provinciaux sur le revenu des corporations. Mais évidemment certaines taxes sont spécifiques à cette seconde préoccupation, par exemple les royautés et taxes minières provinciales, ou les baux miniers. On peut interpréter le traitement particulier des mines en suggérant qu'il poursuit deux objectifs: aménager les taxes présentes, celles qui s'appliquent aux autres corporations, afin de ne pas pénaliser les firmes minières face aux autres (en tenant compte de l'épuisement de son intrant fondamental), mais aussi et surtout accaparer la rente, i.e. la valeur de la ressource en terre, dont l'extraction, le traitement, voire la transformation en produits plus ou moins finis génèrent par ailleurs des profits pour la corporation minière. Au Canada, les provinces revendiquent la propriété de ces ressources[10], et par conséquent elles tiennent à être compensées lorsque 'leurs' minéraux sont extrait du sol en vertu du principe qu'on ne peut 'donner' à un groupe ce qui appartient à la société. D'où la distinction entre profit économique et rente.

Tous ces objectifs souvent contradictoires peuvent rendre l'outil fiscal source de distorsions. Globalement, il prélève une fraction des revenus de l'industrie mais assume aussi une partie de ses coûts. Donc le système taxe, mais subventionne aussi. La nomenclature est celle de Slade (74, p. 1):

> 'Taxes take many forms, including profit taxes, property taxes, royalty payments, severance taxes, taxes on the use of an input, and taxes on the discharge of residuals. Subsidies include depletion allowances, special freight rates for ores, subsidies for the use of an input, accelerated depreciation schedules, and immediate tax write-off for certain capital expenditures'.

---

10 Olewiler (60, p. 52) cite les articles 109 et 117 de l'Acte de l'Amérique du Nord Britannique.

Il n'est pas évident que les deux ensembles de distorsions s'annulent tout simplement. Ceux qui ont analysé empiriquement la chose (Harberger (44, 45) le premier puis Agria (1) pour le cas américain et Bernard (3) entre autres pour le cas canadien) ont trouvé que le système fiscal avantageait les industries de ressources minérales[11]. Harberger souligne surtout la générosité de l'allocation d'épuisement accordée aux entreprises pétrolières dans les années '50 et conclut que la fiscalité incite à un sur-investissement dans ce domaine, et donc à une allocation sous-optimale des ressources de l'économie. La conclusion de Bernard sur le caractère expansionniste de la fiscalité canadienne est moins ferme, parce non appuyée rigoureusement par ses résultats, mais ceux-ci démontrent tout de même son effet distorsif sur les décisions de production.

De toute façon, il n'est pas évident que l'on doive faire de la neutralité l'objectif fondamental du système fiscal. Comme le soulignent Dasgupta et Heal, puisqu'il y a de toute façon des distorsions dans l'économie, la question à résoudre est plutôt 'quelle combinaison de distorsions est la meilleure?'. Par exemple, on a vu précédemment qu'un monopole avait tendance à retarder la production (en deça du taux optimal); on peut donc penser que des mesures fiscales incitant à accroître la production constituent une distorsion 'positive' qui contribue à corriger l'autre. L'État peut aussi utiliser la taxation comme outil de développement économique, en préconisant des

---

11 Avantagées par rapport à la fiscalité des corporations conventionnelles dans le cas des deux premiers, et avantagées par rapport à une taxe neutre dans le cas de Bernard.

mesures ayant pour objectif le développement maximal des industries de ressources minérales. Ou il peut simplement viser à maximiser ses recettes fiscales. Ou même poursuivre plusieurs de ces objectifs simultanément.

Au delà des buts et justifications fournis pour expliquer l'imposition de taxes, les auteurs qui ont étudié leurs effets ont cherché en gros à répondre à deux questions: la taxe modifie-t-elle le taux d'exploitation de la ressource, et incite-t-elle à une utilisation sous-optimale des facteurs de production? Dans les pages qui suivent, nous décrivons, comparons et critiquons diverses approches utilisées au plan théoriques, mais aussi des démarches et résultats empiriques. Un tableau résumant les résultats théoriques apparaît à la fin de la section.

. . . . . .

1 - H.S. Burness

La littérature traitant spécifiquement de la taxation des ressources épuisables est relativement récente. Notre revue débute avec un article publié en 1976. Dans celui-ci, Burness (11) examine l'effet de différentes taxes sur le taux d'extraction et la durée de vie d'une mine individuelle dans différents cadres de marché. Ses hypothèses de base sont les suivantes: les prix des inputs et outputs sont donnés et connus avec certitude, tout comme les paramètres de taxation; les coûts de production sont indépendants du temps et de l'output cumulé, mais augmentent avec le taux d'extraction; les réserves de la ressource sont connues, fixes, et homogènes, et la technologie est fixe. La firme a pour objectif de maximiser la valeur présente de ses profits, en ajustant le taux d'extraction à chaque moment dans le temps. Cette règle de décision détermine endogènement le taux de production et la durée de vie de la mine (i.e. la date d'épuisement). L'analyse est dynamique, l'auteur dérivant ses résultats en utilisant la théorie du contrôle optimal.

Établissant d'abord la solution du cas de référence sans taxe, il confirme que le taux d'extraction diminue dans le temps[12]. Puis il examine l'effet de l'imposition d'une taxe forfaitaire (qu'il appelle 'franchise tax'), laquelle consiste en un montant fixe soustrait du revenu net. Il trouve que le taux d'extraction demeure décroissant dans le temps, mais il est supérieur à chaque période au taux sans taxe; la mine est donc épuisée plus rapidement. Burness examine ensuite la taxe unitaire (ad valorem); analytiquement, la taxe a pour effet de hausser la courbe de coût marginal. Il montre que l'effet de la taxe dépend de l'évolution de son taux; si celui-ci s'accroît au taux d'intérêt, la taxe est neutre, parce que sa valeur présente est la même en tout point dans le temps. Si la taxe s'accroît moins vite que le taux d'intérêt, le producteur peut en minimiser le fardeau en diminuant son taux de production; la date d'épuisement est alors reculée. Cette situation a

12 Ce résultat est obtenu en escomptant les revenus et coûts avec un taux positif; toutefois, un taux d'escompte nul implique sur le taux d'extraction est constant durant le vie de la mine.

comme cas particulier une taxe à taux fixe. Enfin, si le taux de la taxe croît à un taux supérieur au taux d'intérêt, le raisonnement est inversé: on accélère l'extraction pour éviter une taxe de plus en plus lourde, et la vie de la mine est plus courte. Notons que l'imposition d'une taxe ad valorem plutôt qu'unitaire donne qualitativement les mêmes résultats.

L'auteur montre qu'une taxe sur les profits a les mêmes résultats sur la firme exploitant une ressource que sur une firme conventionnelle si le taux de la taxe est constant. Dans les deux cas la taxe est neutre, puisqu'elle n'incite pas à modifier la production. Toutefois si le taux de la taxe est croissant dans le temps, une telle taxe accélère l'extraction et hâte l'épuisement; l'inverse se produit si le taux est décroissant. Finalement Burness considère une taxe sur la valeur de la firme: il confirme le résultat précédemment obtenu par Hotelling à l'effet qu'une telle taxe (quel qu'en soit le taux), lorsqu'anticipée, hâte l'épuisement, et est neutre autrement.

Burness fait le même exercice pour une firme conventionnelle, sans contrainte de ressource. Ainsi on constate que celle-ci, contrairement à la firme minière, diminue toujours son output lorsqu'elle subit une taxe unitaire ou ad valorem, quelque soit le taux de croissance de celle-ci; seule la magnitude de la baisse varie avec le taux de croissance, les deux étant directement proportionnels. Par ailleurs il note que l'allocation d'épuisement peut s'assimiler à une taxe ad valorem négative (subside); or puisque dans le cas de cette dernière on a constaté qu'elle pouvait être neutre si elle croît au taux d'intérêt, il faut conclure qu'une allocation d'épuisement peut ne constituer qu'un transfert aux producteurs, sans l'effet stimulant recherché sur le taux de production[13].

En dernier lieu, Burness montre que sans taxe, le taux d'extraction du monopole est inférieur à celui d'une firme en concurrence, le résultat habituel; pour le reste, l'effet qualitatif de l'imposition des différentes taxes décrites plus haut est le même à chaque fois, les magnitudes pouvant toutefois être différentes. Il termine en montrant comment la taxation peut inciter une industrie (avec barrières à l'entrée ou avec entrée et sortie non-contraintes) à adopter le taux d'extraction compatible avec une date d'épuisement fixée et choisie d'avance par la société.

L'analyse de Burness est dans la lignée des premières contributions sur les ressources épuisables, dans le sens ou elle se confine dans la plus grande simplicité. On ne sait rien sur la technologie, i.e. si tous les facteurs sont variables, ou s'il existe une capacité fixe. On sait seulement que la fonction de coût est néo-classique, qu'elle est soit à coût marginal décroissant puis croissant, soit montrant des coûts fixes positifs. On ne sait donc rien sur la façon

---

13 Cette possibilité a été discutée et en partie confirmée par Harberger (44) et Agria (1). Dans la mesure où l'effet incitatif vers une plus grande exploration n'est pas complet l'allocation d'épuisement devient un pur 'cadeau' aux détenteurs de droits miniers ou pétroliers, i.e. un transfert de richesse ayant pour effet de hausser la valeur du droit en question.

d'ajuster le taux d'extraction, sur les conséquences de la taxation dans le choix des facteurs de production. On n'envisage pas non plus le cas où les coûts croissent avec la production cumulée.

De plus cette approche ignore deux réalités importantes. Dans son modèle, la mine vend une 'ressource', sans spécifier si celle-ci est du minerai brut, ou du métal concentré; il ne parle donc pas de l'étape de la transformation du minerai, généralement effectuée par la firme minière, sur le, ou près du site d'extraction. Implicitement la 'ressource' du Burness est en fait du minerai. On exclut donc les décisions de production liées au traitement qui peuvent elles aussi être affectées par la taxation. Ce qui nous amène à la seconde simplification, celle qui suppose les réserves homogènes et fixes. En réalité, ce qui importe ce sont les réserves économiques, celles qu'il est profitable d'extraire; de plus, celles-ci sont de qualités variables avec des teneurs décroissantes. La taxation est susceptible de changer la dernière teneur économiquement recouvrable, et donc le stock de réserves économiques. Le problème a donc plus d'une dimension, et ne se limite pas à regarder comment varie la date terminale.

Malgré sa simplicité, ce modèle nous permet d'obtenir des résultats intuitivement valables, et qui fournissent un point de départ pour de plus amples recherches.

2 - R.F. Conrad et B. Hool

Le défi que constitue la modelisation des réserves endogènes et hétérogènes a été relevé par Conrad et Hool. Tout d'abord Conrad (22) développe un modèle simple de la mine, où le prix de l'output est variable; en utilisant des exemples chiffrés (où les prix sont réels mais les données sur la mine fictives), il tente de montrer qu'une royauté augmente la teneur marginale (effet d''écrèmage'), i.e. réduit la taille des réserves économiquement exploitables, ou réduit l'investissement (et donc la capacité de production) dans le cas d'une firme dont le choix de la capacité reste à faire. Un article subséquent (23) utilise aussi des exemples chiffrés, et illustre des propositions qui sont élaborées de façon formèle dans l'article de 1981, que nous allons maintenant analyser.

L'objet de l'article de Conrad et Hool (24) est de déterminer l'impact de diverses taxes s'appliquant à la mine sur le profil d'extraction de celle-ci, sur la quantité totale extraite, et sur la séquence d'extraction eu égard aux teneurs. Ils innovent en traitant les réserves comme étant de qualité variable, et endogènes, i.e. déterminées par les décisions de la firme. Ils distinguent clairement les réserves économiques des réserves physiques, les premières étant liées au choix de la teneur marginale.

Les hypothèses du modèle sont celles-ci: on suppose une mine dont l'objectif est la maximisation de ses profits actualisés, sous les contraintes que la quantité totale (physique) de ressource est fixe et la technologie immuable. En plus de connaître la quantité de réserves potentielles, la firme connaît la distribution des teneurs (i.e. la quantité de minerai de chaque teneur). Les coûts de production sont fonction de la quantité totale de minerai extrait à chaque période, et sont les mêmes quelque soit la qualité de celui-ci, ceteris paribus. L'output vendu au prix de marché (donné) est du concentré de métal; on suppose donc que le minerai se transforme en métal selon un ratio qui correspond à la teneur du minerai en question[14].

L'entreprise contrôle à chaque période deux variables: les teneurs de minerai extrait, et leur quantité respective (le taux d'extraction). La formulation du problème se trouve à l'Appendice A. Après avoir dérivé les conditions de premier ordre pour le cas à teneurs et périodes multiples, Conrad et Hool restreignent leur analyse au cas simple de deux teneurs et deux périodes, à partir d'un scénario de base où la mine extrait la plus riche des deux teneurs en premier (le prix escompté étant supérieur en première période). L'argument-clé est basé sur ce qu'ils appellent la règle de sélection des teneurs, par laquelle le choix des teneurs à extraire est fonction du profil des prix escomptés. Le résultat général stipule que la firme fera l'extraction de son plus riche minerai au moment où les prix actualisés sont les plus élevés, et poursuivra l'exploitation des autres

---

14 Cette hypothèse exclut la possibilité que la firme puisse varier l'intensité du traitement, laquelle permet de tirer plus ou moins de métal d'une quantité donnée de minerai de teneur donnée; ici, la fraction de métal recouvré est fixe et identique pour toutes les teneurs.

teneurs de façon séquentielle, selon ce principe, jusqu'à ce que celle-ci ne soit plus profitable[15,16]. Les coûts d'extraction n'apparaissent pas dans l'expression, puisqu'ils ont été supposés indépendants de la teneur extraite, mais évidemment ils affectent la quantité de minerai extrait. La teneur pour laquelle l'extraction n'est plus profitable est appelé teneur marginale; toute teneur inférieure à celle-ci n'est pas extraite, ce qui cause généralement la fermeture de la mine à cet instant. Cette teneur étant choisie par la firme, cela signifie que la quantité totale extraite et la durée de la vie de la mine ne sont pas fixées à l'avance, mais sont endogènes.

Les auteurs examinent l'impact de six types de taxes. La taxe unitaire sur la production de métal équivaut à prélever un montant fixe du prix de vente. Sa valeur présente diminue donc dans le temps. L'effet de cette taxe sur la sélection des teneurs dépend donc de l'évolution du prix: si celui-ci augmente plus vite que le taux d'intérêt (i.e. si les prix escomptés augmentent), la taxe ne modifie pas la sélection des teneurs, puisque le prix après taxe de la seconde période demeure supérieur à celui de la première; on continue à extraire la plus pauvre teneur en premier, et la plus riche ensuite. Si les prix

---

15 Implique une parfaite certitude quant aux prix futurs, ce que supposent les auteurs.

16 Ce résultat est obtenu parce que l'on suppose qu'il est possible de choisir la teneur à extraire. Il est à comparer à ceux de Ulph et Cairns où l'on pose comme contrainte que ce choix n'est pas possible et où par conséquent la mine extrait plusieurs teneurs simultanément.

escomptés diminuent, il est possible que la valeur actualisée moindre de la taxe en deuxième période annule la baisse de prix escompté, rendant le prix après-taxe de seconde période égal ou supérieur au prix de première période; dans le premier cas, rien n'est changé, tandis que dans l'autre, la firme, qui aurait autrement extrait sa teneur riche en première période, remettra son extraction à la période suivante. La taxe fait aussi augmenter la teneur marginale, rendant non-profitable l'extraction de teneurs qui l'était auparavant. Enfin elle modifie le taux d'extraction, puisqu'elle encourage la remise de la production vers le futur, à mesure que sa valeur actualisée décroît.

Une taxe sur le métal impose un fardeau plus lourd sur le minerai riche. Ce n'est toutefois pas le cas d'une taxe sur le minerai (un montant fixe par tonne) - qui équivaut à hausser la courbe de coût d'extraction - qui est plus lourde à supporter pour les teneurs faibles, desquelles on tire moins de revenu. L'imposition de cette taxe ne modifie pas la règle de sélection des teneurs, parce que les prix effectifs sont les mêmes; par contre elle biaise l'extraction vers le futur (pour la même raison que précédemment) et réduit les quantités totales extraites, dans des proportions quantitativement supérieures à la taxe précédente.

Comme la taxe unitaire, la taxe ad valorem (une proportion fixe du prix) diminue le prix effectif reçu. Mais contrairement à l'autre, elle ne modifie pas la sélection des teneurs dans le temps, parce que les prix relatifs d'une période à l'autre ne varient pas après la taxe. Toutefois la teneur marginale est augmentée, i.e. la taille des réserves économiques diminuée. Contrairement aux deux premières taxes, la production n'est pas nécessairement biaisée vers le futur, au dépend du présent. La direction du biais est fonction de l'évolution des prix escomptés. La règle indique que l'on réalloue la production vers la période où les prix escomptés avant taxe sont les plus bas, attendu que le montant de taxe payé alors (qui varie avec le prix) est minimisé. Si les prix escomptés augmentent, on favorise la production présente; s'ils diminuent, on reporte l'extraction vers le futur; si le prix croît au taux d'intérêt, la taxe est neutre. Ce résultat rappelle celui de Burness, à savoir qu'une taxe sur l'output (unitaire ou ad valorem) qui croît au taux d'intérêt est neutre; mais celui-ci ne faisait pas la distinction entre minerai et métal. Le parallèle doit tout de même être remarqué, puisque les conditions de neutralité de la taxe sont les mêmes; qu'il s'agisse de l'accroissement du prix ou du taux, l'analyse est la même pour une taxe ad valorem parce qu'une variation de l'un ou l'autre a les mêmes effets. Les auteurs soulignent que leur modèle leur permet de dériver des résultats impossibles à obtenir avec le modèle de Burness: l'effet sur le stock de réserves recouvrables, et sur l'ordonnance dans l'extraction des teneurs.

Une taxe sur la valeur de la propriété peut prendre la forme d'un taux imposé sur la valeur des réserves restantes. Dans ce cas, la taxe encourage une extraction rapide, afin de minimiser le plus rapidement possible la valeur des réserves sur laquelle s'applique le taux de la taxe. Elle est analytiquement semblable à une taxe unitaire négative sur le minerai, avec des effets symétriques: hausse du prix après-taxe, extraction de la teneur élevée en premier, taux d'extraction accéléré et baisse de la teneur marginale (i.e. accroissement du stock de réserves économiques). L'effet global peut même favoriser un allongement de la vie de la mine, si on se base sur le fait reconnu que le minerai de faible teneur est aussi celui que l'on retrouve généralement en plus grande quantité.

Les deux dernières taxes considérées sont des taxes sur les profits accompagnées d'allocation d'épuisement. Si en premier lieu l'allocation est proportionnelle à l'output (un montant fixe par unité de métal), cette mesure équivaut à accroître le prix effectif d'un montant fixe, avec les mêmes effets que précédemment: teneur marginale diminuée, réserves économiques accrues, taux d'extraction augmenté et vie de la mine possiblement prolongée. Si par contre l'allocation est sous la forme d'une proportion fixe de la valeur de la production, les effets sont différents: la mesure accroît toujours le prix effectif et diminue la teneur marginale, mais puisqu'analytiquement elle s'apparente à une taxe ad valorem négative, l'impact sur le taux d'extraction dépend de l'évolution des prix escomptés; contrairement à ce qui a été noté auparavant, une allocation d'épuisement n'augmente donc pas nécessairement le taux d'extraction, puisque dans le cas présent, une hausse du prix escompté encourage plutôt une remise de la production vers le futur.

Le travail de Conrad et Hool est une contribution majeure à la littérature sur la taxation des ressources épuisables. La distinction entre réserves physiques et économiques et la prise en compte de teneurs multiples sont des éléments qui contribuent à rendre l'analyse plus près de la réalité. Cette distinction est en outre en accord avec le fait (toujours vérifié) qu'une firme minière ne réussit jamais à extraire 100% du métal présent dans le sol, mais laisse plutôt derrière elle le minerai non-économiquement exploitable, même s'il est technologiquement recouvrable. De plus, l'importance de ce stock délaissé varie directement avec les conditions économiques, reflétées par les prix, coûts et régimes de taxes[17]. Le modèle demeure toutefois simpliste à certains égards. La première objection est certes l'hypothèse implicite qui donne à l'entrepreneur la liberté de choisir en tout temps la teneur à extraire, quelle qu'elle soit, et de substituer celle-ci à volonté sans coût. Même en admettant que le choix d'une teneur, ou la substitution vers une autre est possible, il aurait fallu incorporer des coûts d'ajustement reflétant les problèmes reliés au remaniement du plan d'extraction. De toute façon, le choix ou la substitution supposés dans le modèle sont virtuellement impossibles, à cause de contraintes physiques ayant trait à la configuration du gisement, ou à son stade de développement[18]. Et de toute façon, l'extraction d'une teneur unique n'est pas une hypothèse réaliste. D'autres, pour tenir compte de ce fait, ont fait de la production simultanée de plusieurs teneurs une contrainte dans leur modèle[19].

---

17 Cette possibilité avait été notée par d'autres, par exemple Levhari et Liviatan (54).

18 Pour une bonne illustration, voir Bradley (8).

19 On l'a vu avec Ulph (92) et Cairns (14).

Comme c'est généralement le cas, on ne sait rien sur la fonction de production, si ce n'est qu'implicitement tous les facteurs de production sont variables a tout moment pour accommoder tout changement dans le plan de production. On ne sait pas jusqu'à quel point la firme peut accroître sa production, puisqu'aucune limite de capacité n'est supposée. Tout de même, Conrad et Hool reconnaissent l'existence de deux stades de production, l'extraction et le traitement. Ils n'envisagent toutefois pas la possibilité de décisions économiques au niveau du traitement, ce que fait notre auteur suivant. Finalement, notons que toute leur analyse réussit à mettre en relief de façon évidente la relation particulière aux ressources épuisables qui existe entre le prix de la ressource et le taux d'intérêt; en plusieurs occasions, l'effet final de la taxe dépend du taux d'accroissement des prix par rapport au taux d'escompte de la firme.

3 - M.E. Slade

Slade a récemment proposé deux analyses différentes de la question de la taxation des ressources. La première (74) examine l'impact de l'imposition d'une royauté et de l'allocation d'épuisement sur le taux d'extraction d'une mine opérant des réserves fixes, connues et à épuiser complètement. Elle reconnaît que l'étape du traitement du minerai, généralement oubliée, doit être explicitement considérée dans une analyse du comportement de la mine. Utilisant quatre types de fonction de production qui décrivent comment la combinaison du minerai, et d'autres facteurs de production résulte en la production de métal, elle examine comment la technologie du traitement et la taxation s'associent pour déterminer un profil d'extraction.

En bref, Slade montre par exemple que sous une technologie approximée par une fonction Cobb-Douglas, une royauté ou une allocation d'épuisement à taux fixe peuvent être neutres. Cependant, pour d'autres technologies considérées (translog et translog 'cubique') un taux constant résultera en une distorsion des règles de décision de la firme, et donc du taux d'extraction. Seulement si les taux varient dans le temps, sous certaines conditions, ces technologies pourront être neutres.

La seconde approche de Slade (75) use de techniques de simulation pour déterminer l'impact de diverses taxes, subsides et contrôle de prix sur le taux d'extraction. Le modèle est original en ce qu'il reconnaît à la firme la possibilité de varier l'intensité du traitement par lequel le minerai est transformé en concentré de métal; pour une teneur donnée, la proportion de métal obtenu est une fonction croissante de l'intensité avec laquelle est appliquée l'étape de transformation. Lorsque la taxation frappe le métal (plutôt que le minerai), remarque l'auteur, elle touche à la fois l'extraction et la transformation, et est donc susceptible de modifier la production aux deux niveaux.

L'auteur a déjà examiné les mêmes questions, conjointement avec Lewis (55), et ils constataient alors que l'impact d'une mesure fiscale dépend de l'étape de production touchée, de son effet sur les prix des inputs et output, et du degré de substituabilité entre la ressource et les autres facteurs de production. Mais au lieu de se confiner au cas d'une technologie Cobb-Douglas, elle choisit ici d'utiliser l'approche de la simulation, où la fonction de production est implicite dans les données utilisées (celles d'une mine réelle). De plus, cette technique permet de mesurer la magnitude de l'impact en plus de son aspect qualitatif.

Les hypothèses du modèle sont les suivantes. Premièrement, restriction importante, la durée de vie de la mine est supposée exogène, i.e. fixée d'avance. On ignore donc la possibilité que les mesures fiscales étudiées altèrent la date d'épuisement. Slade justifie cette hypothèse en affirmant que de toute façon, la durée de vie de la mine est à peu de chose près déterminée par l'investissement initial, et que les variations de taxes considérées ne sont que marginales. La firme anticipe parfaitement les prix fixés par le marché. La production de métal est le résultat de la mise en commun de facteurs de production variables et de la ressource (minerai). Implicitement, on suppose le stock de capital (la capacité) constant, le stock de minerai de qualité uniforme et l'output composé d'un seul métal. L'objectif de la firme est la maximisation de son profit actualisé sous la contrainte de ressource fixe; pour ce faire, la firme contrôle à chaque période le taux d'extraction du minerai et le taux de production du métal (intensité du traitement).

Slade estime économétriquement une fonction de coût qui incorpore les deux étapes de la production, où les coûts sont une fonction croissante du taux d'extraction, de l'extraction cumulée et du degré d'intensité du traitement; les facteurs variables considérés sont la main-d'oeuvre, et l'énergie et matières premières. Les données utilisées sont celles de la 'White Pine Mine', une mine de cuivre du

Michigan, et la forme fonctionnelle retenue est la translog, à deux arguments. Les paramètres estimés sont ensuite utilisés pour simuler diverses situations, avec ou sans taxes, où peuvent être comparés le taux d'extraction, l'extraction totale de minerai, la production totale de métal et le taux moyen de recouvrement du métal des solutions respectives. Les résultats de la simulation sans taxes montrent, comme on peut s'y attendre, que le taux d'extraction diminue régulièrement dans le temps lorsque le prix du métal reste stable; s'il augmente plus vite que le taux d'escompte, l'extraction est retardée vers le futur et les quantités extraites et produites augmentées.

On analyse d'abord le cas d'une royauté et d'un subside (le second étant la contrepartie négative de l'autre, les deux étant une fraction du prix du métal). On trouve qu'une royauté (subside) diminue (augmente) la quantité totale de minerai extraite et la quantité totale de métal obtenue du traitement, ainsi que le taux de recouvrement; autrement dit, on produit moins de métal parce que l'on extrait moins de minerai, mais aussi parce que l'on tire moins de métal par unité de minerai. De plus, en général, ces mesures ont pour effet de déplacer toute la courbe de taux d'extraction au-dessous (au-dessus) de la courbe originale, si bien que les deux sentiers ne se croisent jamais. Il y a toutefois croisement si on suppose que les prix augmentent à un taux supérieur au taux d'intérêt, parce qu'alors la royauté (subside) hâte (retarde) l'extraction dans les premières périodes et cause l'inverse dans les dernières. Ce résultat dit Slade est contre-intuitif et contraire à ce que l'on obtient généralement; mais il faut se souvenir que Conrad et Hool avaient trouvé un résultat comparable dans le cas d'une taxe ad valorem; or, analytiquement, Slade assimile justement la royauté (subside) à une taxe ad valorem (négative dans le cas du subside).

Une taxe unitaire (un montant fixe par unité de minerai extrait) accroît le coût d'extraction, et rend le prix relatif de l'input minerai plus élevé. En conséquence, la firme extrait au total moins de minerai, mais traite celui-ci de façon plus intensive (hausse du taux de recouvrement). Ceci correspond à une substitution de facteurs de production (moins de minerai, plus de main-d'oeuvre, énergie, etc.) et constitue une distorsion. La baisse de l'output total de métal est moins grande, en proportion, que celle de l'extraction totale. On ne précise pas l'impact sur le sentier intertemporel d'extraction, mais on peut imaginer que celui-ci est biaisé vers le futur. C'est ce qu'avaient trouvé Conrad et Hool pour une taxe identique; ils avaient aussi conclu en une diminution de la quantité ultimement extraite.

Si une taxe sur les profits (à taux fixe) sans aucune déduction est neutre, ce n'est pas le cas si on y incorpore une allocation d'épuisement (ici, une proportion fixe de la valeur de l'output). Cette mesure qui s'apparente à un subside hausse le prix effectif reçu par la firme et conduit celle-ci à extraire plus de minerai et à produire plus de métal en haussant le taux de recouvrement. Les conclusions quant au taux d'extraction sont les mêmes que celles établies pour le subside, et sont compatibles avec celles de Conrad et Hool. Finalement, l'impact d'un contrôle de prix est examiné. Analytiquement, on peut assimiler la différence entre le prix libre et le prix imposé comme une taxe sur l'output. L'effet varie selon que la mesure est anticipée ou non; si elle ne l'est pas, la réduction de l'extraction totale est supérieure au cas où elle est anticipée, puisque dans le dernier cas, la firme peut ajuster sa production avant que le contrôle n'entre en vigueur, et extraire plus dans les premières périodes.

Le modèle de Slade constitue une amélioration de l'analyse de la taxation à certains égards, par rapport aux auteurs précédents. L'utilisation de données réelles pour caractériser la production est une approche supérieure à l'utilisation de fonctions production contraignantes qui limitent le pouvoir explicatif; la théorie de la dualité nous dit que la fonction de coût est une représentation de la fonction de production; or dans ce cas-ci, la fonction de production est implicite dans les données de production et de coût de la mine, et peut-être le mieux approximée dans l'estimation d'une fonction de coût, même si celle-ci ne constitue qu'une approximation de second ordre[20]. De plus, les résultats obtenus n'ont pas qu'un caractère qualitatif, puisqu'ils sont aussi chiffrés. Finalement, le modèle permet de reconnaître explicitement la possibilité de distorsions dans l'utilisation des facteurs de production, comme le montre l'analyse de la taxe unitaire.

---

[20] Voir Diewert (30, 31).

Toutefois, le modèle à d'autres égards simplifie le problème. Ainsi la prise en compte de la qualité du minerai aurait pu être possible, et aurait éliminé l'hypothèse restrictive qui suppose l'homogénéité du minerai. L'hypothèse sur l'investissement est aussi restrictive; on suppose le stock de capital fixe, mais comme on constate que la taxation peut changer l'emploi des facteurs variables, il faut admettre qu'elle peut tout aussi bien créer des incitations à des substitutions entre les facteurs fixes et les inputs variables. Or cette perte d'efficacité ne peut être mesurée sous cette hypothèse. Et souvenons-nous que Slade emploie l'argument du capital fixe pour justifier l'hypothèse de la date terminale déterminée à l'avance et invariable.

Cette dernière hypothèse contraste beaucoup avec ce qu'on retrouve ailleurs dans la littérature. L'exogénéité de la date terminale exclut la possibilité que la mine modifie sa période d'exploitation lorsque les conditions économiques changent, ce qui est une importante restriction au pouvoir explicatif du modèle, et qui nous prive de toute comparaison avec les résultats d'autres auteurs. Il faut donc interpréter les résultats (surtout du point de vue quantitatif) avec circonspection. Enfin, soulignons qu'il aurait été intéressant que l'on tente des simulations qui auraient intégré certaines combinaisons de mesures fiscales, i.e. de mesurer l'impact de la taxation en tant que 'système', par opposition à l'effet de mesures individuelles. Particulièrement si l'on considère que la dérivation de résultats quantitatifs permis par le modèle aurait été dans certains cas plus facile que l'établissement de propositions qualitatives à partir d'un modèle théorique.

4 - P.G. Bradley, J.F. Helliwell et J. Livernois

La simulation numérique est aussi l'approche adoptée par Bradley, Helliwell et Livernois. Toutefois, leurs hypothèses ne sont pas aussi restrictives que celles de l'auteur précédent; en fait leur modèle est, parmi tous ceux considérés, le plus complet et le plus près de la réalité.

Considérons d'abord celui de Helliwell (46). Avec des données sur des mines de cuivre à ciel ouvert de Colombie-Britannique, il applique un modèle qui veut montrer comment une firme maximisant sa valeur présente choisit sa capacité de production, sa durée de vie, et les teneurs de minerai à exploiter, à partir d'un gisement donné, et de prix et coûts parfaitement anticipés. Le problème du choix des teneurs est spécifiquement considéré; on montre que ce choix est le résultat d'un arbitrage entre la teneur comme telle et l'accessibilité de celle-ci; ainsi, il n'est pas nécessairement plus profitable d'extraire une teneur riche si par ailleurs elle coûte cher à aller chercher.

On suppose que l'extraction du minerai se fait à coût unitaire constant, ceteris paribus[21], et que les dépenses d'investissement pour les installations de transformation (concentrateur) admettent des économies d'échelles. Le but final est évidemment de montrer comment la taxation affecte les décisions de la firme. À cette fin, on compare la valeur présente sociale (sans taxe) avec la valeur sociale privée, obtenue en incorporant la taxation.

---

21 C'est-à-dire aussi longtemps que le degré d'accessibilité (le 'strip ratio') est le même.

Supposons une mine, dont les caractéristiques du gisement (taille, distribution spatiale du minerai de chaque teneur) sont connues. La firme maximise sa valeur présente en déterminant la date terminale et la dernière teneur à extraire; celle-ci, avec les caractéristiques physiques du minerai, déterminent la quantité totale à être extraite, laquelle, avec la durée de vie choisie, dictent la taille optimale des installations, i.e. le niveau d'investissement optimal. La détermination de la teneur marginale est le résultat d'un arbitrage entre la valeur présente du cuivre perdue si on hausse la teneur marginale (une fonction croissante de la teneur marginale) et la valeur présente des coûts épargnés si on traite moins de minerai (une fonction décroissante de la teneur marginale à cause des économie d'échelle en capital)[22].

La date terminale est décidée par un arbitrage similaire: pour une teneur marginale donnée, accroître la durée de vie de la mine fait baisser la valeur présente des revenus, ceteris paribus, mais la value présente des coûts diminue aussi, et ce de deux façons: à cause de l'effet de l'actualisation sur une plus longue période, évidemment, mais aussi parce qu'à production totale donnée, on peut réduire la capacité de production et donc la dépense en capital initiale; de plus, on peut amortir celle-ci sur une plus longue période. Par contre des installations plus petites réduisent l'avantage des économies d'échelle.

---

22 Hormis les économies d'échelle, le coût unitaire de traitement du minerai croît avec la baisse de la teneur de celui-ci, étant donné qu'il faut transformer une quantité supérieure de minerai pour produire une unité de cuivre.

Le choix de ces deux paramètres, teneur marginale et date terminale, se fait conjointement. Par exemple, une teneur marginale basse signifie qu'en moyenne il faut traiter plus de minerai pour obtenir une unité de métal; dans ce cas, une durée de vie plus longue est indiquée si la réduction de la valeur présente des coûts surpasse celle de la valeur présente des revenus. Inversement, si la teneur marginale est élevée, la qualité moyenne du minerai est plus élevée: cet avantage plus que compense pour le fait qu'une durée de vie raccourcie requiert des investissements initiaux plus élevés.

Évidemment, la question du choix d'une teneur marginale suppose que l'on peut raisonnablement distinguer les teneurs entre elles. Helliwell suppose trois niveaux de qualité de minerai, et fait l'hypothèse que chaque teneur est extraite individuellement, durant une période représentant un tiers de la vie de la mine, en ordre décroissant de qualité. Par rapport à la réalité, ces hypothèses sous-tendent une distribution spatiale du minerai pour le moins avantageuse. Des simulations du modèle avec des sentiers de prix et coûts et des paramètres de taxation différents de ceux prévus lors du développement de la mine montrent comment celle-ci réussit à s'ajuster, comment le revenu est partagé entre la firme et le gouvernement, et quelle est l'ampleur de la perte sociale qui en résulte.

Helliwell examine les effets de l'imposition du régime fiscal en vigueur en Colombie-Britannique en 1977, en comparaison avec le système précédemment en place depuis 1974[23]. En gros, l'ancien système tirait surtout ses revenus de l'imposition de royautés, tandis que le nouveau est basé sur la taxation des profits. On constate que le système de 1974-76 produit plus de revenus fiscaux que le nouveau; on voit aussi que la valeur présente nette de la mine est supérieure sous le nouveau régime. Le coût en terme de perte d'efficacité est plus élevé sous l'ancien régime (par exemple ce système amène le choix d'une teneur marginale supérieure à l'optimum social). Toutefois, l'ampleur de la distorsion est beaucoup moins importante que ce à quoi on s'attendait, en regard de ce qui a été dit de négatif sur le fameux système de royautés. Helliwell doit justifier pourquoi la perte sociale mesurée par le modèle de ce régime n'est pas aussi importante que prévue. Il note que si les royautés ont un impact sérieux sur la teneur marginale et la durée de vie de la mine, ils ne modifient presque pas la valeur présente de la mine: la perte de revenus sur les réserves non-exploités est à peu près compensée par une économie de coût amenée par le choix d'une capacité inférieure à celle qui aurait eu lieu sous le régime de 1977 (laquelle est voisine de la capacité de l'optimum social). Bref, les ajustements réels sont importants, mais l'impact sur la valeur de la firme négligeable.

---

23 Les caractéristiques apparaissent à l'Appendice B. Voir aussi le chapitre qui décrit les régimes fiscaux canadiens.

Dans sa conclusion, Helliwell reconnaît que ses hypothèses sur la distribution spatiale des teneurs sont faibles et gagneraient beaucoup à être améliorées. C'est précisément le but d'un subséquent article de Bradley, Helliwell et Livernois (9). Ceux-ci utilisent un modèle de la mine amélioré, auparavant développé par Bradley (8), qui raffine les hypothèses décrivant le comportement de la firme, et en outre rend sa faculté de modifier son plan de production plus limitée lorsque surviennent des chocs exogènes. En cela les auteurs reconnaissent que le modèle de Helliwell sous-estimait la perte d'efficacité de la taxation, et cela parce qu'il sur-estimait le degré de flexibilité de la firme.

Le cadre d'analyse est le même que celui développé par Helliwell: on compare les solutions obtenues en maximisant la valeur sociale et la valeur privée après-taxes d'une firme qui doit dans chaque cas déterminer une teneur marginale et une date terminale optimales; il y a distorsion si la taxation incite à établir un plan de production qui rapporte une valeur privée inférieure à la valeur sociale potentielle.

On montre d'abord qu'Helliwell sur-estime le degré de flexibilité permis à la firme, parce que les ajustements de capacité possibles sont importants, mais surtout parce que l'on suppose que la mine peut extraire le minerai en ordre systématiquement décroissant de qualité; or cette possibilité n'est que très peu fréquente en réalité, parce que l'exploitation est contrainte par la configuration géométrique du gisement ainsi que par la distribution spatiale des teneurs. Les auteurs montrent qu'ils peuvent simuler différents types de gisements: celui de la forme d'un disque plat, où la teneur est élevée au centre, et décroissante jusqu'en périphérie, peut représenter le cas où la flexibilité d'ajustement est grande. Un autre cas, où le gisement est modelisé comme un long et mince cylindre de minerai de teneurs riches, représente la situation où la flexibilité technique est réduite; en effet, l'exploitation du riche minerai implique nécessairement l'extraction simultanée de teneurs plus faibles. Ces différents modèles sont mieux décrits dans Bradley (8).

Il est donc établi que le coût social de la taxe dépend du degré de flexibilité de la firme, lui-même fonction des caractéristiques physiques du gisement, lesquelles conditionnent l'accessibilité aux différentes teneurs du minerai. Les auteurs examinent les deux systèmes de taxation précédemment étudiés par Helliwell. Parce que la distorsion amenée par la taxe dépend de sa sévérité et que l'on désire examiner les effets relatifs de deux systèmes, ceux-ci sont ajustés de façon à générer le même niveau de revenu. On doit aussi vérifier comment varie la magnitude absolue de la distorsion avec le niveau de recettes fiscales récoltées.

On constate d'abord que le régime basé sur la taxation du profit (le régime de 1977) est généralement plus efficace que le système de royautés, particulièrement à de hauts niveaux de recettes fiscales, et ce, quel que soit le niveau de prix simulé. À un certain niveau de taxes, le système de royautés diminue l'efficience <u>et</u> les revenus de taxe. On démontre aussi que lorsque les caractéristiques de la mine réduisent ses possibilités de développement, la perte d'efficacité reliée aux royautés devient encore plus grande. On déduit ce résultat en simulant les deux types de dépôts brièvement décrits précédemment. Comme prévu, la mine qui peut le plus facilement ajuster sa teneur marginale et sa capacité réduit plus facilement son fardeau fiscal, et minimise la diminution de sa valeur présente. Enfin, contrairement à la royauté, la taxe sur les profits garde sa relative efficacité même dans les cas où la flexibilité de la firme est limitée, quels que soient les prix simulés. Toutefois, la part du gouvernement (en revenus fiscaux) dans la valeur de la mine est toujours substantiellement plus élevée sous le régime de 1974-76.

En un sens, les résultats obtenus par Bradley, Helliwell et Livernois supportent ceux de Helliwell, puisqu'ils montrent que la distorsion mesurée par ce dernier, plutôt faible, s'accroît si d'une part on simule des taux de taxation supérieurs à ceux effectivement en place (alors qu'Helliwell s'en tenait à ces derniers) et si d'autre part on prend en considération la limite à la flexibilité des mines à ajuster leurs opérations. Les auteurs concluent aussi que dans le contexte observé en Colombie-Britannique, le système de royauté n'a pas été radicalement moins efficace que celui basé sur la taxation des profits. En outre, il y a des raisons de croire que l'efficience relative de cette dernière est sur-estimée, parce que la simulation ne tient pas compte de l'inefficacité qu'elle introduit dans l'emploi des facteurs de production.

En regard des critiques adressées aux auteurs précédents, l'étude de Bradley, Helliwell et Livernois est certainement la plus complète, la plus précise. Ils emploient des techniques de simulation, mais ils ont le mérite de ne négliger aucune dimension du problème, de travailler avec des hypothèses raisonnablement réalistes sur tous les plans, sans restrictions arbitraires qui limitent la portée des résultats. Tout d'abord, ils étudient des systèmes complets de taxation, et pas seulement des mesures individuelles. Ils considèrent les décisions de la firme sous le même angle que le ferait un entrepreneur, sous forme d'arbitrage avantage-coût, où toutes les variables-clés (capacité, date terminale, teneur marginale) sont endogènes. Mieux que Conrad et Hool, ils tiennent compte de l'hétérogénéité du minerai de façon plus réaliste, en prenant en compte d'autres variables géologiques (forme du gisement et emplacement des teneurs dans ce dernier); ils montrent comment l'ajustement des teneurs à extraire est limité par les obstacles et les coûts qui lui sont associés. De plus, on fait clairement la distinction entre les coûts variables et les coûts d'immobilisation, et même la possibilité d'économie d'échelle en capital est modelisée. Finalement, les simulations du modèle donnent des résultats plus généraux que le seul impact de différents systèmes de taxation, puisqu'il permet de déterminer l'effet d'une variation de toute variable économique, pour une taxe donnée, (i.e. une variation des recettes fiscales, ou une fluctuation du prix de l'output) sur la valeur présente de la mine, ce qui permet d'évaluer la perte d'efficacité d'une taxe dans tous les contextes. D'autres résultats pourraient aussi être dérivés sur l'impact de mesures particulières telles l'allocation d'épuisement ou l'amortissement accéléré, pour évaluer quantitativement des résultats établis qualitativement par d'autres.

5 - B.W. MacKenzie et M.L. Bilodeau

L'analyse de l'ensemble de la fiscalité minière canadienne par Mackenzie et Bilodeau (58) utilise aussi l'approche de la simulation. L'étendue de l'étude est considérable; elle porte sur l'ensemble des découvertes de métaux non-ferreux au Canada entre 1951 et 1974, et modelise les systèmes de taxation de chaque palier de gouvernement, i.e. l'impôt fédéral sur le revenu des corporations, les impôts provinciaux sur le revenu des corporations et les taxes minières et royautés provinciales. On évalue l'impact de la taxation en comparant la valeur présente nette sociale potentielle à la valeur présente réalisée en présence des taxes.

Les auteurs décrivent d'abord en détail le cheminement d'une firme qui s'engage dans l'exploitation minière, de la phase de l'exploration jusqu'au stade de la production. D'un point de vue économique, la profitabilité de la mine est reflétée dans son 'cash-flow', i.e. l'ensemble des déboursés et revenus associés au projet; on quantifie cette profitabilité en terme de valeur présente nette, de taux de rendement ou de rendement annuel équivalent[24]. Le 'cash-flow' inclut toutes les dépenses associées au projet, i.e. dépenses d'exploration, de mise en valeur de la mine, dépenses en biens de capital et dépenses courantes. Étant donné certaines hypothèses, ils peuvent estimer la

---

24 'Equivalent annual return' est la différence entre 'equivalent annual revenue' et 'equivalent annual costs', i.e. les revenus et coûts annuels obtenus si leur total est distribué également sur le cash-flow sur la durée de vie du projet.

valeur potentielle de 124 gisements de métaux, en dollars de 1974 et sur la base des conditions économiques et technologiques d'aujourd'hui. Selon des critères établis préalablement, un gisement est dit économiquement exploitable s'il génère des revenus totaux d'au moins 20 millions et réalise un taux de rendement supérieur au coût d'opportunité du capital, 8% dans ce cas-ci.

Le calcul appliqué à chaque gisement nous montre que 86 de ceux-ci sur 124 sont des gisements économiques. On utilise ensuite les revenus et coûts de ces mines pour calculer la valeur potentielle nette pour la société. On l'estime à $2,751 millions, avec un taux de rendement moyen de 16.2% (mais qui varie d'une mine à l'autre, de 8.6% à 118.8%, reflétant les différences entre régions dans la qualité des gisements). Les auteurs sont en mesure de désagréger les résultats par provinces, par régions géologiques, par périodes de découverte et de voir comment ils varient avec les prix de l'output, du capital, et de l'exploration.

À partir du résultat de base, on est ensuite en mesure d'estimer l'effet de la taxation. On considère six différents régimes de taxation, i.e. trois systèmes réels, tels qu'ils s'appliquaient au Canada en 1969, 1972 et 1976 et trois systèmes hypothétiques, lesquels taxent respectivement les revenus bruts, les profits, et les profits avec un taux d'imposition fonction du taux de rendement. La valeur nette observée est ensuite comparée à la valeur potentielle pour évaluer le degré d'efficience de la taxe; la différence entre les taux de rendement avant et après taxes et la part du revenu de l'investisseur par rapport à celle accaparée par le gouvernement indiquent comment la taxe modifie l'incitation à investir.

Sans donner tous les résultats, on peut souligner que les trois systèmes réels de taxation considérés réduisent la valeur présente réalisée (parce qu'ils rendent certains gisements non-économiques à exploiter) et le taux de rendement global. Par exemple, sous le régime de 1976, le nombre de gisements économiques tombe de 86 à 77, la valeur présente nette réalisée ne représente que 90% de la valeur potentielle, et le taux de rendement sur l'investissement chute à 13.6%. L'entrepreneur ne garde que 39% de la valeur présente réalisée, le reste étant partagé par les différents gouvernements. Les auteurs comparent ainsi les résultats des trois régimes canadiens, tant globalement qu'entre régions géologiques, entre provinces, entre périodes de découvertes, et sur la base d'hypothèses alternatives sur le taux d'inflation, et la capacité de la firme de profiter au maximum des déductions fiscales permises. On trouve que ces deux derniers éléments font varier significativement l'impact de la taxation: un taux d'inflation élevé contribue à accroître la perte d'efficacité amenée par la taxation; d'autre part, une firme minière intégrée qui peut profiter pleinement des avantages que lui procure la taxation peut maintenir un taux de rendement supérieur à celui obtenu autrement.

Les auteurs estiment ensuite l'impact de l'imposition de leurs systèmes fictifs de taxation. Parmi les trois simulés, celui basé sur le taux de rendement semble s'imposer comme le meilleur. Les deux systèmes basés sur la taxation des revenus bruts et la taxation des profits ont pour conséquence de diminuer le nombre de gisements économiques, ce que ne fait pas l'autre système. En outre, l'application de ceux-ci est limitée par un taux plafond (qui maximise les recettes fiscales) au delà duquel toute augmentation de taxe diminue les revenus de taxation. Avec une taxe basée sur le taux de rendement, la valeur nette réalisée correspond toujours à la valeur nette potentielle, parce que la taxe ne modifie pas le nombre de gisements économiques. Il y a donc toujours plus de revenus à partager sous ce régime que sous les autres. De plus, à recettes fiscales identiques, ce système laisse une incitation à l'investissement plus grande, parce que le taux de rendement effectif de la firme est toujours plus élevé. Et il n'existe pas de taux plafond au-delà duquel les revenus de taxes diminuent.

En conclusion, Mackenzie et Bilodeau se font les avocats d'un système de taxation basé sur le taux de rendement. Ils soulignent qu'un tel système pourrait s'ajuster automatiquement à des changements soudains des conditions économiques, adoucirait les variations du fardeau fiscal qui accompagnent les grandes variations du prix des métaux sous le régime actuel, et serait relativement simple d'application.

L'étude de Mackenzie et Bilodeau est remarquable en ce qu'elle est extensive et systématique: toutes les taxes de toutes les juridictions sont considérées, et l'échantillon de gisements miniers réuni est imposant, suffisamment pour représenter fidèlement la réalité de l'industrie minière canadienne des métaux non-ferreux. Ainsi, l'analyse est basée sur des données réelles, qui reflètent exactement les conditions de développement et d'exploitation des mines. La sensibilité des résultats obtenus eu égard aux conditions économiques (taux d'escompte, niveau des prix d'output, inflation) et à la taille de la firme est aussi illustrée.

Mais une objection importante quant à leur méthode, et donc face aux résultats quantitatifs doit être soulevée; on ne s'intéresse qu'à l'impact financier de la taxation, en négligeant le fait qu'elle peut aussi avoir un impact réel. Bien sûr, que la taxation rende non-économique l'opération d'une mine est un impact réel si la mine à cause de cela n'est pas développée. Mais l'effet réel n'est pas uniquement que de 'passer de tout à rien': il peut être aussi marginal. Ainsi la taxation peut contraindre une mine à modifier ses plans de production (ex: la capacité de son concentrateur) pour demeurer économiquement profitable[25]. Il y a donc à la fois effet financier et effet réel; ne pas prendre en considération ce type d'effet réel sur-estime le nombre de gisements relégués au rang des non-économiques, parce qu'on nie le fait que les firmes tiennent compte de la taxation dans leurs décisions de production. Il n'est toutefois pas possible de déterminer si la prise en compte de l'effet réel dans l'analyse diminue ou augmente la perte de valeur sociale comparativement à celle de Mackenzie et Bilodeau.

6 - <u>N. Olewiler</u>

Pour revenir sur la taxation basée sur le taux de rendement, un excellent exposé du concept peut être trouvé dans (21); on y retrouve entre autre une analyse économique proposée par Olewiler (60). On y fait la comparaison d'une taxe sur les profits et d'une taxe sur le taux

---

25 L'analyse de Bradley, Helliwell et Livernois (9) est éloquente à ce sujet.

de rendement; on peut retrouver la formulation du modèle à l'Appendice C. L'auteur procède comme suit: elle pose d'abord T=t; si b=r, les deux taxes sont équivalentes, i.e. $\bar{\pi}=\tilde{\pi}$ comme le montre la comparaison des équations (1) et (2). Puisque la taxe sur les profits telle que définie est neutre, c'est aussi le cas de la taxe sur le taux de rendement; le cas $b<r$ est peu intéressant selon Olewiler parce qu'il cause une baisse du profit après-taxe, ce qui peut sortir de l'industrie les firmes qui ne récupèrent pas leurs coûts de capital. Le cas $b>r$ est plus attentivement étudié. Dans ce cas, les profits après-taxes seront plus grand sous la taxe basée sur le taux de rendement. Par contre celle-ci n'est pas neutre, car il est démontré que le choix des inputs et le niveau d'output sont affectés par la taxe; son effet se situe au niveau du prix du capital, dont la valeur après taxe diminue relativement au prix de la main-d'oeuvre. La firme est donc incitée à sur-utiliser du capital et à produire une quantité inférieure à ce que pourrait lui permettre une autre combinaison de facteurs. D'où la distorsion. Au niveau de l'industrie, la production globale augmentera, puisque des mines non-profitables à opérer lorsque la taxe est neutre auront des profits après-taxes positifs avec cette taxe. (Incidemment, ce type d'analyse est un prélude à l'approche adoptée par l'auteur suivant.)

7 - <u>J.-T. Bernard</u>

Aucun auteur n'a jusqu'ici inclut explicitement le capital dans une analyse théorique de l'impact de la taxation sur les décisions de la mine. Les deux prochaines études constituent des contributions visant à combler ce vide.

Bernard (3) propose une étude économique de la fiscalité minière canadienne où l'on retrouve un exposé des différents changements de 1972 à 1978 apportés aux régimes de taxation provinciaux et fédéral, et une partie analytique qui développe et utilise un modèle de la mine pour mesurer l'impact de ces changements sur l'activité minière. Notre résumé porte surtout sur le fonctionnement du modèle[26].

Bernard cherche à mesurer les coûts de bien-être associés à la taxation. Les taxes considérées sont l'impôt fédéral sur le revenu des corporations, les impôts provinciaux sur le revenu des corporations, et les taxes minières provinciales. Il identifie deux dimensions possibles de distorsions: celle qui incline vers une expansion ou une contraction du niveau d'activité de l'industrie minière, selon que le gouvernement partage relativement une plus grande portion des coûts que des revenus, ou inversement; et celle qui modifie les prix relatifs après-taxes des différents facteurs de production, lorsque le gouvernement partage les différents coûts de façon inégales, ce qui encourage la substitution entre facteurs, et produits des combinaisons de ceux-ci sous-optimales.

Le modèle va comme suit. On suppose une firme minière, qui localise un gisement via l'exploration et qui encoure des dépenses pour développer le site, la mine, et construire les infrastructures nécessaires (incluant un concentrateur). Une fois la mine entrée en opération, les

---

26 Voir aussi un résumé de cette étude dans (4).

activités de la firme consistent à extraire le minerai du sol et à en faire un concentré prêt à être fondu et raffiné. Quoique le modèle ne considère que les opérations d'extraction et de concentration, il est supposé que la firme est aussi engagée dans la fonte et le raffinage[27]. Quant à l'exploration, on suppose qu'elle est effectuée par une entreprise distincte et spécialisée, engagée à cette fin par la firme. L'étude s'adresse surtout à la mesure de la seconde distorsion, celle qui concerne le choix des facteurs de production.

Donc le modèle étudie l'effet de changements observés dans les paramètres fiscaux au Canada depuis 1972 sur le choix des inputs d'une firme (à chaque étape de la production), dont le but est la maximisation de sa valeur présente sous contrainte que les prix des inputs et de l'output (unique) sont déterminés par le marché et que la technologie est fixe. L'analyse est d'équilibre partiel, de certitude, où les effets à long terme de la taxation sont considérés (on ignore les ajustements de court terme). Une caractéristique importante du modèle est que la firme n'est pas confrontée à une contrainte de ressource fixe; par hypothèse, l'exploration permet d'accroître le stock de réserves plus ou moins parallèlement à l'exploitation du stock connu; puisque ce processus est supposé infini, le tout revient à dire qu'il n'y a pas de contrainte de ressource; la firme extrait du minerai à partir d'un stock de réserves toujours positif.

---

27 L'auteur fait cette hypothèse en soulignant que certaines mesures fiscales sont plus avantageuses lorsque l'entreprise est intégrée verticalement, i.e. a des revenus d'autres sources que l'extraction et le traitement.

Le modèle initial sans taxes comporte huit équations. La première décrit la valeur présente de la firme, où sont incluses toutes les entrées et sorties de fond (approche de 'cash-flow'); les entrées consistent dans les revenus bruts de vente de l'output et les emprunts contractés pour financer les investissements; les sorties de fonds incluent les remboursements d'emprunts, plus les frais d'intérêt, le paiement des facteurs variables (approximés ici par la main-d'oeuvre), les dépenses d'exploration, et les investissements bruts en développement, structures et équipement-machinerie. La seconde équation exprime la fonction de production, qui relie la production de métal à l'utilisation des trois catégories de biens de capital tout juste énumérés, à celle de la main-d'oeuvre et évidemment à celle d'une quantité donnée de réserves de minerai. La troisième équation décrit la variation du stock de capital, lequel s'accroît avec l'investissement et diminue avec la dépréciation (dont le taux annuel est supposé constant), tandis que les quatrième et cinquième équations décrivent la variation du stock de réserves, qui diminue avec l'extraction et croît avec les nouvelles découvertes amenées par l'exploration. Finalement, les trois dernières équations décrivent le financement de la firme via l'émission d'obligations (on suppose qu'une fraction de l'investissement et de l'exploration est financée de cette façon).

La firme maximise sa valeur présente en contrôlant à chaque période l'utilisation de chaque facteur de production (i.e. on maximise l'équation 1 sous les contraintes que constituent les équations 2 à 5). La règle de décision appliquée pour ce faire exige que la valeur du produit marginal du facteur soit égale à son prix de marché[28]. Cette règle, selon l'auteur, assure que la combinaison de facteurs de production qui en résulte est socialement optimale. L'Appendice D décrit ces règles de décisions. L'auteur inclut ensuite, tour à tour, les divers régimes de taxation décrits en détail, et modelisés de façon à s'intégrer au cadre d'analyse, et dérive pour chacun les règles de décisions. Les expressions obtenues doivent être interprétées comme les prix après-taxes des facteurs de production, ceux que l'entrepreneur considère lors de ses décisions.

S'il est évident que la taxation transfère aux gouvernements une partie des revenus de la mine, il faut aussi constater qu'ils assument une fraction de ses coûts, mais de façon inégale selon les facteurs de production (les prix relatifs après-taxes des facteurs étant modifiés). La seule comparaison qualitative de ces expressions rend difficile l'évaluation des distorsions, et c'est pourquoi Bernard utilise une illustration numérique: posant arbitrairement et sans perte de généralité tous les prix de marché à 1, il utilise les valeurs observées des paramètres fiscaux pour transformer l'expression théorique du prix après-taxes en valeur chiffrée. Celle-ci représente la portion de chaque dollar dépensé qui est effectivement supportée par la firme, la différence étant la part assumée par le gouvernement. On est donc en mesure de faire une comparaison quantitative de l'impact de divers régimes de taxation sur l'ensemble des facteurs.

---

28 Dans le cas des biens de capital, l'auteur suppose leur prix fixe, pour éliminer la possibilité de gains ou pertes de capital.

Par exemple, le régime fédéral de 1972 (avec ou sans congé fiscal), ou celui de 1978 affectent le prix nominal de tous les facteurs de production (ils sont tous inférieurs à 1), indiquant que le gouvernement partage une partie des coûts; mais ils sont affectés à des degrés différents (voir l'Appendice E), incitant la firme à les employer dans une combinaison non-optimale. Ces prix relatifs sont donc modifiés entre eux et au fil des différentes réformes (par exemple le régime de 1978 abaisse encore plus le prix effectif que celui d'avant 1972). À chaque fois, le traitement fiscal le plus avantageux est accordé aux dépenses d'exploration, ensuite aux frais de développement, puis au coût des biens de capital; le prix de la main-d'oeuvre n'est pas avantagé, puisque son prix relatif (par rapport au prix de l'output) ne change pas.

L'auteur fait un exercice semblable pour les taxes provinciales, puis unifie les deux niveaux de taxation pour calculer les prix après-taxes réellement perçus par la firme. Parmi les résultats obtenus, soulignons que dans le cas du Québec, le congé fiscal[29] en vigueur jusqu'en 1972 pour les nouvelles mines a un 'effet dramatique' sur le prix relatif après-taxes des inputs et de l'output, tant et si bien que sa disparition a changé substantiellement les données du problème pour une nouvelle mine. Dans tous les régimes étudiés, la distorsion des prix après-taxes favorise l'emploi des facteurs de production dans

---

29 Disposition par laquelle toute nouvelle mine était exemptée de taxation pendant les 36 premiers mois de production.

l'ordre décroissant que voici: exploration, développement, structures, équipement-machinerie et enfin, main-d'oeuvre. Cette distorsion est en général plus accentuée en 1978 qu'en 1972. La conclusion quant à l'emploi des facteurs est claire: la taxation incite à des substitutions entre facteurs de production, le plus attrayant étant celui qui a le plus bas prix après-taxes. De plus, bien que le modèle ne puisse nous permettre de tirer formèlement une conclusion à cet effet, certaines indications suggèrent que globalement les taxes étudiées subventionnent plus les coûts, en proportion, qu'elles ne collectent de revenu. Le système fiscal dans son ensemble serait donc expansionniste, favoriserait le développement de l'industrie minière canadienne.

La grande qualité du travail de Bernard réside dans la modelisation détaillée du système fiscal canadien tel qu'appliqué aux firmes minières. Le système est revu à travers ses différentes modifications depuis 1972, et est fidèlement représenté dans le modèle théorique de la firme. Incidemment, celui-ci est original parce que peu fréquemment illustre-t-on le fonctionnement d'une firme minière (avec contrainte de financement, etc.) aussi précisément, avec un système à équations multiples. On intègre aussi toute les étapes de la production de métal, de l'exploration au raffinage, ce qui est bien caractéristique des firmes minières intégrées verticalement.

Le calcul des prix après-taxes d'une firme minière est une contribution importante. On a vu comment cette approche, inspirée de Jorgenson, permet une appréciation qualitative et quantitative des distorsions qui frappent la mine. Les résultats de Bernard sont venus confirmer l'idée généralement répandue selon laquelle la fiscalité, en particulier certaines dispositions, 'favorisent' l'industrie minière.

Mais une critique fondamentale doit être adressée au travail. Elle concerne une hypothèse de base: clairement, il est irréaliste de supposer que la firme extrait une ressource à partir d'un stock indéfiniment positif, parce qu'indéfiniment augmenté via des campagnes d'exploration à jamais fructueuses. Autrement dit, ce modèle omet une réalité essentielle et caractéristique d'une firme qui extrait une ressource non-renouvelable, à savoir qu'à un moment fini dans le temps, cette firme devra cesser ses opérations suite à l'épuisement du stock de ressource recouvrable avec profit. Une analyse qui aurait voulu respecter cette exigence d'intégrer la contrainte de ressource aurait supposé que l'exploration cessait à un moment dans le temps d'accroître les réserves, ou plus simplement que la firme exploitait un stock de ressource connu complètement et fixe[30].

La non-considération du problème de l'épuisement fait que les règles de décisions et les prix implicites avant et après-taxes des facteurs sont incorrects. Tout comme la règle habituelle de l'égalité du prix au coût marginal ne s'applique pas en économie des ressources épuisables (ce point fut abondamment prouvé à la première section),

---

30 Évidemment cette dernière façon aurait été du point de vue analytique la moins compliquée de tenir compte de la contrainte de ressource, celle adoptée par la plupart des autres auteurs.

celle de l'égalité du prix au produit marginal du facteur est fausse comme critère de choix des inputs. On doit tenir compte de la rente, de la valeur implicite de la ressource non-extraite, parce que cette ressource a un coût d'opportunité. Le critère de choix des inputs doit être issue d'un processus d'optimisation où la fixité de la ressource est explicitement une contrainte pour la firme. Sinon, on ne fait qu'assimiler la ressource à un facteur variable parmi d'autres!

Finalement, l'analyse utilise la statique comparative et ne considère que les effets à long terme, lorsque les ajustements encouragés par les changements fiscaux sont pleinement réalisés[31]. Une analyse dynamique décrivant la vie de la mine jusqu'à l'épuisement, avec des effets à court terme (ex.: contrainte de coûts d'ajustement) aurait été plus significative (et plus compliquée évidemment!) surtout si on considère que dans la réalité, des ajustements sont souvent nécessaires, dû à la nature disons, volatile de la fiscalité.

8 - G. Gaudet et P. Lasserre

Gaudet et Lasserre (37) introduisent le capital dans un modèle dynamique de la mine. Ce caractère dynamique est dans la lignée des contributions de plusieurs auteurs (Sweeney, Burness, Conrad et Hool, etc.), tandis que l'intégration de la taxation est 'à la Jorgenson'.

---

31 En fait, le modèle ne décrit pas l'investissement comme tel, mais l'incitation fiscale qui le génère.

Quant au capital, il n'avait jamais figuré auparavant dans ce type d'analyse de la taxation. Le but est d'analyser l'impact de la taxation sur le coût du capital et par conséquent sur les sentiers d'investissement et d'extraction d'une firme minière. La taxe considérée est un impôt sur le revenu des corporations où sont accordés une allocation d'épuisement (qui diminue le taux nominal d'imposition), une déduction pour amortissement du coût de capital et un crédit d'impôt à l'investissement.

Évidemment le modèle tient compte de la contrainte de ressource fixe. Particularité originale, l'expression qui décrit la valeur présente de la firme incorpore une variable décrivant le traitement fiscal accordé à celle-ci au moment de sa fermeture. L'hypothèse sur l'accumulation du capital correspond à l'approche néo-classique usuelle où le capital est parfaitement malléable et l'investissement est sans coût d'ajustement. La firme maximise sa valeur présente en choisissant un sentier d'investissement qui détermine à son tour le taux d'extraction optimal à chaque instant. Le prix implicite du capital dérivé après la solution du problème d'optimisation est différent de celui que l'on obtient pour la firme conventionnelle puisqu'il incorpore le coût d'usage de la ressource.

L'effet final de la taxation dépend de l'hypothèse retenue concernant le traitement fiscal de la fermeture de la mine. On montre que si la firme (implicitement intégrée) a la possibilité de continuer à amortir son capital pour fin fiscale, elle aura un stock de capital terminal plus petit, si elle a profité d'amortissement accéléré, qu'en l'absence de taxe (sauf si la productivité marginale du capital est partout décroissante, auquel cas il n'y a pas de différence, le stock étant nul dans les deux cas). L'impact sur le taux d'extraction n'est cependant pas décrit. Si par contre la firme doit à la fermeture amortir le solde non-déprécié, on montre que le taux d'extraction et le stock de capital de la dernière période seront indépendants de tous les paramètres, paramètres fiscaux inclus. En outre, s'il n'y a pas de crédit à l'investissement, la taxe prolonge la vie de la mine (ralentit le taux d'extraction). Avec un crédit à l'investissement, l'extraction est plus rapide que précédemment, et peut même être plus rapide par rapport au cas sans taxe. Dans tous les cas, le résultat tient quelque soit le taux d'amortissement accordé pour fin fiscale (hormis la déduction instantanée). Finalement, il est montré que l'allocation d'épuisement proportionnelle accélère l'exploitation de la mine, le résultat généralement obtenue dans d'autres contextes.

. . . . . .

Dans les pages qui suivent, un tableau synthétise les résultats théoriques obtenus par les différents auteurs.

9 - Synthèse des résultats théoriques

A - Hypothèses distinctives

	Burness (1976)	Conrad et Hool (1981)
. Coûts de production	- Indépendants du temps et de l'output cumulé	- Fonction croissante du taux d'extraction
	- Fonction croissante du taux d'extraction	- Indépendant de la qualité du minerai extrait
. Réserves	- Connues, fixes et homogènes	- Teneurs multiples; la quantité et les teneurs sont connues et fixes
		- Distinction entre réserves physiques et réserves économiques
. Intensité du traitement	- Implicitement, aucun traitement	- Constante
. Durée de vie	- Endogène	- Endogène
. Stock de capital	- Pas explicitement considéré. Capacité fixe	- Pas explicitement considéré. Capacité fixe
. Variables de contrôle	- Taux d'extraction	- Teneurs traités et taux d'extraction de chacune
. Cadre d'analyse	- Dynamique	- Dynamique

	Slade (1982)	Gaudet-Lasserre (1983)
. Coûts de production	- Fonction croissante du taux d'extraction, de l'extraction cumulée et de l'intensité du traitement	- Aucun
. Réserves	- Connues, fixes et homogènes	- Connues, fixes et homogènes
. Intensité du traitement	- Variable	- Implicitement aucun traitement
. Durée de vie	- Exogène	- Endogène
. Stock de capital	- Pas explicitement considéré. Capacité fixe	- Explicitement considéré. Capital parfaitement malléable (capacité variable)
. Variables de contrôle	- Taux d'extraction du minerai et taux de production du métal (intensité du traitement)	- Sentier d'investissement
. Cadre d'analyse	- Dynamique (Simulation)	- Dynamique

	Olewiler (1977)	Bernard (1979)
. Coûts de production	- Approximés par les coûts salariaux	- Approximés par les coûts salariaux
. Réserves	- Implicitement infinies et homogènes	- Homogènes et infinies (toujours positives)
. Intensité du traitement	- Implicitement aucun traitement	- Implicitement constante
. Durée de vie	- Infinie	- Infinie
. Stock de capital	- Explicitement considéré	- Explicitement considéré. Capital parfaitement malléable
. Variables de contrôle	- -	- Utilisation de chaque facteur de production
. Cadre d'analyse	- Statique	- Statique

B - Résultats

- Burness (1976)

		Taux d'extraction	Date terminale
. Taxe forfaitaire		Augmenté	Avancée
. Taxe unitaire (ad rem)			
taux d'accrois-sement du taux de la taxe:	i) < r	Réduit	Reculée
	ii) = r	Inchangé	Inchangée
	iii) > r	Augmenté	Avancée
. Taxe sur les profits			
i) taux constant		Inchangé	Inchangée
ii) taux croissant		Augmenté	Avancée
iii) taux décroissant		Réduit	Reculée
. Taxe sur la valeur de la firme			
i) anticipée		Augmenté	Avancée
ii) non-anticipée		Inchangé	Inchangée
. Allocation d'épuisement			
taux d'accrois-sement du taux de l'allocation:	i) < r	Augmenté	Avancée
	ii) = r	Inchangé	Inchangée
	iii) > r	Réduit	Reculée

- Conrad et Hool (1981)

	Profil de sélection des teneurs	Réserves économiques	Taux d'extractio
. Taxe unitaire			
- sur le métal	Du présent vers le futur	Réduites	Réduit
- sur le minerai	Inchangé	Réduites	Réduit
. Taxe ad valorem			
Taux d'accroissement du prix i) > r ii) = r iii) < r	Inchangé	Réduites	Augmenté Inchangé Réduit
. Taxe sur les profits avec alloc. d'épuisement			
- Montant fixe par unité de métal	Du futur vers le présent	Augmentées	Augmenté
- Proportionnelle à la valeur de la production			
Taux d'accroissement du prix i) > r ii) = r iii) < r	Inchangé	Augmentées	Réduit Inchangé Augmenté
. Taxe sur la valeur de la propriété	Du futur vers le présent	Augmentées	Augmenté

- Slade (1982)

	Extraction totale	Intensité du traitement	Taux d'extraction
. Royauté	Réduite	Réduite	Réduit*
. Subside	Augmentée	Augmentée	Augmenté*
. Taxe unitaire	Réduite	Augmentée	Réduit
. Taxe sur les profits avec allocation d'épuisement	Augmentée	Augmentée	Augmenté*

* Les résultats sont inversés si le taux d'accroissement du prix > r.

- Gaudet-Lasserre (1983)

	Taux d'extraction	Date terminale
Impôt sur le revenu des corporations:		
. pas de crédit à l'invest.	Réduit	Reculée
. avec crédit à l'invest.		
i) petit	Inchangé	Inchangée
ii) important	Augmenté	Avancée
. effet de l'allocation d'épuisement	Augmenté	Avancée

	Emploi des facteurs de production	Impact sur l'industrie
- <u>Olewiler</u> (1977)		
. Taxe sur les profits	Neutre	Neutre
. Taxe basée sur le taux de rendement et T=t		
i) b = r	Neutre	Neutre
ii) b > r	Favorise l'emploi de capital par rapport à la main-d'oeuvre	Augmente le nombre de mines et la production totale
- <u>Bernard</u> (1979)		
. Différents régimes fiscaux canadiens (impôts des corporations et taxes minières)	Favorisent l'emploi de capital, dans cet ordre décroissant: - Exploration - Développement - Structures - Équipement-Machinerie	Semblent être expansionnistes

IV. UN MODÈLE THÉORIQUE DE LA MINE AVEC CAPITAL 'PUTTY-CLAY'

1 - Identification du problème et objectifs poursuivis

La revue de la littérature des pages précédentes nous a démontré l'importance de l'élément taxation dans le processus de décision d'une firme minière. On a vu comment d'une part les dispositions fiscales pouvaient modifier les signaux envoyés par le marché (les prix), et comment ces distorsions pouvaient d'autre part avoir des conséquences réelles au niveau des décisions de la firme. Les différentes taxes augmentent ou diminuent le prix effectif reçu pour la production et augmentent ou diminuent le prix effectif de chaque input inclu dans le processus de production. Dans l'analyse qui suit, nous nous intéresserons particulièrement à une catégorie d'inputs, celle qui réunit l'ensemble des déboursés appelés 'coût de capital'. Ce choix s'explique en deux volets: premièrement certains auteurs (Bernard (3), Gaudet-Lasserre (37)) ont explicitement montré que l'impôt des corporations exerce son effet sur le prix du service du capital, lequel détermine (ensuite) l'investissement optimal. Deuxièmement, il peut être soutenu que l'investissement initial détermine le taux d'extraction de la mine pour sa vie entière et qu'il n'est pas profitable de le varier constamment dans un sens ou l'autre. Conséquemment, le choix d'un stock de capital, i.e. d'une capacité de production se résume à une décision de stock, et non au choix d'un sentier intertemporel d'investissement. L'impact de la taxation sur le taux de production et le choix des inputs peut donc être résumé dans la seule analyse du choix de capital initial.

Évidemment pour être valable, l'analyse doit tenir compte du prix implicite de la ressource en terre. On verra plus loin comment celui-ci s'intègre dans la règle de décision de la firme, comme d'ailleurs tous les autres prix de marché pertinents. Les caractéristiques du gisement minier figurent aussi implicitement dans cette règle de décision, si bien que celle-ci doit être considérée comme un critère global et unique.

L'objectif de cette section est donc de développer un modèle de la mine dont les décisions de production se résument dans le choix d'une capacité d'extraction et de concentration. Particulièrement, il s'agit de caractériser le prix implicite après-taxes du capital pour cette mine, en vue de calculer ce prix à partir des données disponibles, et de l'inclure dans une estimation de l'impact de la taxation sur le choix de la capacité. L'approche employée s'inspire de celle développée par Bernard (3) i.e. dans la tradition de Jorgenson, mais est originale dans certains de ses aspects, notamment l'inclusion de la rente et l'hypothèse de capital 'putty-clay'.

2 - Le modèle

Soit une firme minière possédant un gisement de minerai renfermant un ou plusieurs métaux[33] en différentes quantités, et qui a décidé d'amener ce gisement au stade de la production.[34] L'exploration a préalablement permis de délimiter les réserves potentielles, si bien qu'il ne reste à la firme qu'à décider de la façon optimale d'exploiter la mine. L'étape de l'exploration n'est pas considérée ici et pour simplifier, on suppose que celle-ci a été effectuée par une autre firme ou encore par une organisation affiliée, si on fait l'hypothèse comme c'est le cas ici que la mine est opérée par une corporation intégrée. Le bien-fondé de cette hypothèse deviendra évident plus loin.

Supposons tout d'abord une économie sans taxes. Pour baser sa décision, la firme dispose de tous les prix de marché pertinents, qui lui sont donnés et qu'elle connaît avec certitude: le prix de tous les métaux qu'elle produira, le coût des biens de capital, le prix des facteurs variables; elle s'est aussi fixée un taux d'escompte tenant compte du coût d'opportunité du capital de l'économie. Enfin, elle n'a

---

33 Le modèle est destiné à être appliqué à des mines de métaux non-ferreux (ex: cuivre, zinc, plomb, or, argent, etc.) et exclut donc les mines de minéraux non-métalliques, dont les procédés sont en général différents de la première catégorie.

34 La présente analyse nous permettra d'évaluer les distorsions occasionnées à une mine qui a en fait entrepris la production. Elle ne peut toutefois pas expliquer le cas de mines qui auraient pu être profitables sans taxation, mais qui n'ont jamais ouvert à cause de celle-ci. De même elle n'explique pas le cas des mines qui ont retardé leur développement à cause de la taxation. La distorsion étudiée ici est donc une seule des multiples inefficiences amenées par la taxation.

pas à encourir de dette pour financer son projet, attendu que la totalité de ses fonds provient de l'émission de capital-action et de contributions de la corporation-mère, à même ses bénéfices. Compte tenu de toutes ces informations, la firme est en mesure de déterminer quelle portion des réserves est économiquement recouvrable, et de bâtir diverses hypothèses quant au flux de revenus, au coût en capital, et aux coûts variables associés à son exploitation.

Formalisons la description du problème. R est la taille des réserves économiques telles que déterminées par la firme, i.e. le nombre de tonnes de minerai que l'on extraira ultimement; on suppose que ce stock de réserves est une quantité certaine, qui ne varie pas en cours de route.[35] Le gisement renferme M métaux différents dont les teneurs respectives g_m sont connues. Le prix de marché du métal m est P_m. On peut donc calculer la valeur du minerai du gisement en terme de métal contenu. Mais pour ce faire, il faut d'abord connaître la proportion du métal que l'on pourra effectivement recouvrer et vendre, étant donné que l'extraction et le traitement du minerai donnent lieu à des pertes. Généralement, la détermination de cette variable relève d'une décision économique[36], i.e. est endogène au problème; c'est l'hypothèse que nous

---

35 Cela revient à dire que la détermination de R est exogène à la firme dans le cadre de notre analyse; évidemment dans la réalité la détermination des réserves économiques se fait conjointement aux autres décisions de production. De plus, la taille de ces réserves est incertaine, est augmente à mesure que l'on exploite la mine.

36 Ce point a été traité par Slade (75). On parlait alors de 'l'intensité du traitement'.

adoptons pour l'instant. ε est donc le taux de recouvrement, qui exprime le pourcentage du métal présent dans le minerai que la firme peut récupérer; on le suppose le même pour tous les métaux. D'une tonne de minerai, on peut donc tirer une proportion $g_m \cdot \varepsilon$ de métal m. Si P_m exprime la valeur d'une tonne de métal m, alors la valeur du métal m compris dans une tonne de minerai est:

$$P_m \cdot g_m \cdot \varepsilon \;=\; P_m \cdot \eta_m$$

où $\eta_m = g_m \cdot \varepsilon$ et chaque métal est initialé par un nombre arbitraire $m = 1, 2, \ldots M$. Il s'en suit que la valeur d'une tonne de minerai pour les M métaux contenus s'écrit:

$$P = \sum_{m=1}^{n} P_m \cdot \eta_m$$

$$m = 1, 2, \ldots M$$

Le pourcentage η_m peut varier seulement avec une modification de ε, le taux de recouvrement. Toutefois, on considère g_m, pour tout m, comme une teneur moyenne, invariante à l'intérieur d'une période et d'une période à l'autre.

Les coûts de la firme sont de deux ordres: celle-ci doit d'abord encourir, avant de produire une seule unité de minerai, des dépenses de capital: une fraction γ_{DV} de ce coût est constituée des dépenses de développement, ou de mise en valeur de la mine: celles-ci incluent la mise en place de toutes les infrastructures nécessaires, la construction de chemins d'accès, le creusage et la consolidation des puits et galeries dans le cas d'une mine souterraine, ou l'enlèvement de la couche de mort-terrain recouvrant l'emplacement d'une mine à ciel ouvert. L'essentiel de ces dépenses doit être encouru par toutes les mines, mais leur ampleur dépend des caractéristiques du gisement (configuration géométrique, etc.) et de la taille des réserves. Une autre fraction γ_A représente l'acquisition de biens de capital: γ_S pour les structures érigées sur le site, la principale étant celle abritant le concentrateur, et γ_{EM} pour les biens d'équipement et machinerie employés dans l'extraction, le transport et le traitement du minerai. Donc $\gamma_A = \gamma_S + \gamma_{EM}$ et en particulier la proportion des biens de capital employée pour l'étape de la concentration peut s'exprimer comme une fraction de γ_A, i.e. $x \cdot \gamma_A$. Au total, les déboursés de capital fait instantanément en T1, la date de l'entrée en production de la mine se résument à

$$\begin{aligned} q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} &= \vartheta_{T1} \\ &= \gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1} + \gamma_S \cdot \vartheta_{T1} + \gamma_{EM} \cdot \vartheta_{T1} \end{aligned} \tag{IV.1}$$

où $q_{(T1)}$ est le prix de marché d'une unité de capital en T1, $K_{(T1)}$ est le stock physique de capital investi au même moment, ϑ_{T1} est la valeur en dollars du stock de capital acquis, et les proportions sont telles que:

$$\gamma_{DV} + \gamma_S + \gamma_{EM} = 1$$

où chacune est fixe et exogène. Cette dernière hypothèse exclut évidemment la possibilité que la taxation puisse altérer la composition du stock de capital.[37] Elle laisse toutefois intacte la possibilité de substitution la plus vraisemblable, celle qui existe entre le capital et les facteurs variables.

Finalement, la seconde catégorie de coûts est celle des coûts variables, encourus à chaque période dans l'extraction et la concentration du minerai. Pour simplifier, appelons L le vecteur des inputs variables, rémunérés pour leurs services aux prix de marché représentés dans le vecteur W. Le vecteur-fonction de production de la firme peut donc s'écrire:

$$Q_M = F(K, L, Q)$$

où Q_M est le vecteur des quantités de chaque métal m produit annuellement, Q la portion des réserves de minerai extraite et utilisée pour produire le métal concentré, et F un vecteur de fonctions de

---

37 Cette hypothèse n'est pas déraisonnable dans notre contexte et elle peut se défendre comme suit: Tout d'abord, il est peu probable qu'il existe des possibilités réelles de substitution significatives entre par exemple le capital de développement et celui des structures pour une mine donnée. L'exploitation d'une mine a des exigences d'ordre technique plutôt standards à cet égard (ce qui n'implique pas que ces fractions ne puissent différer d'une mine à l'autre). La taxation est plus susceptible de modifier la taille de l'investissement global, en altérant chaque type d'investissement dans des proportions à peu près identiques, même si l'incitation fiscale n'est pas le même pour tous les types de déboursés. Par exemple, si la taxation désavantage l'emploi de main-d'oeuvre, chaque type de capital sera affecté parce que l'on voudra réduire à tous les niveaux le besoin en main-d'oeuvre.

production F^1, F^2, ...F^M (une fonction de production pour chaque métal produit). Parce que η_m et L sont variables d'une période à l'autre, Q_M n'est pas nécessairement constant d'une année à l'autre même si Q lui l'est.

. . . .

Avant de décrire le problème d'optimisation de la firme, il faut ici préciser nos hypothèses sur la nature du capital. Nous n'adoptons pas ici l'approche néo-classique habituelle où le capital est parfaitement malléable (ce qui implique que la capacité de production est modifiable à volonté), et où la firme doit choisir un flux optimal d'investissement (par exemple, le modèle de Gaudet-Lasserre (37)); cette façon de modeliser le capital assimile ce dernier à un facteur quasi-variable, (surtout si on n'inclut pas de coûts d'ajustements), et ne réussit pas à refléter à quel point le capital déjà en place peut être une contrainte dans les décisions ex post de l'entrepreneur. Ainsi dans la réalité la firme minière n'aura pas le loisir d'ajuster à volonté sa capacité de production (on parle surtout ici de la capacité de son concentrateur) et en particulier devra assumer son erreur s'il s'avère que celle-ci est trop importante pour ses besoins. Il est vrai toutefois que la firme peut aisément accroître sa capacité si nécessaire. Mais on parle ici d'accroissements substantiels en des points discrets dans le temps, et non d'ajustements marginaux distribués sur une période donnée, comme peut l'impliquer la théorie dynamique de l'investissement.

Notre modèle adopte une position tout à fait opposée: le capital investi en T1 est irréversible et immuable. La littérature désigne ce capital sous le vocable 'putty-clay', ce qui résume bien ses caractéristiques.[38] La décision d'investissement de la firme se décrit comme suit: il faut d'abord bien séparer le contexte entre <u>avant</u> et <u>après</u> l'acquisition du capital. Ex ante, la firme a le choix parmi un ensemble de technologies différentes, et est libre d'opter pour n'importe laquelle. L'objectif de l'entreprise est évidemment de minimiser le coût total de produire une quantité donnée; or la firme qui connaît la fonction de production associée à une technologie connaît aussi sa fonction de coût variable. À ce point donc la firme choisira la capacité et la technologie qui minimisera la valeur présente des coûts de la production, et ces derniers incluent les coûts variables. La décision est fondée sur le prix observé du capital et sur les prix anticipés des facteurs variables durant la vie de la mine. Cette décision en est évidemment une de long terme, et l'optimalité est atteinte dans la mesure où les prix observés ex post correspondent aux anticipations ex ante.

Ex post, après l'installation du capital, la flexibilité de la firme est réduite. Quoiqu'il arrive, la firme doit composer avec le capital qu'elle a mis en place, et avec la technologie choisie: on ne peut ni réduire le stock, ni altérer l'utilisation du capital existant.

---

38 Fuss (35) dans un article où il teste empiriquement l'hypothèse de capital 'putty-clay', fournit une excellente interprétation intuitive du comportement d'une firme avec du capital de cette nature; notre description s'en inspire substantiellement.

La capacité de la mine ne peut être augmentée que par l'addition de nouveau capital, selon un processus d'optimisation semblable au choix initial de capacité et technologie. Compte tenu de cette contrainte, le problème de la firme ex post consiste à minimiser son coût variable, reflétant son choix ex ante de technologie et de capacité, en fonction des prix courants des inputs variables. Évidemment, la contrainte que lui impose son capital limite les possibilités de substitution de facteurs et donc la faculté d'adaptation de la fonction de production dans le but d'effectivement contenir les coûts variables. Nous croyons que cette approche est beaucoup plus près de la réalité pour une firme minière; certains résultats précédents appuient d'ailleurs cette affirmation. Lasserre (52) a testé empiriquement l'hypothèse 'putty-clay' sur un échantillon de mines de métaux non-ferreux et conclut que cette hypothèse ne peut pas être rejetée, indiquant que la contrainte de fixité du capital est bien réelle, et qu'un ajustement de la capacité n'est pas économiquement profitable à moins de considérer une expansion majeure.

Pour simplifier, et sans perte de généralité, nous poussons nos hypothèses au-delà de celles impliquées par un modèle 'putty-clay': nous supposons que le capital ne se déprécie pas tout au long de la vie de la mine, i.e. qu'il garde la même capacité productive jusqu'à la date de fermeture; à cette date, la valeur du capital est cependant nulle, parce que son potentiel est épuisé. Une hypothèse alternative moins restrictive aurait été de supposer que le capital se dépréciait au taux δ et que la mine investissait annuellement $\delta \cdot \vartheta_{T1}$ pour maintenir la capacité de production constante. Mais cette modélisation compliquerait inutilement les possibilités d'application empirique du modèle. L'autre hypothèse exige que l'extraction de minerai soit constante à chaque période; elle est consistante avec notre approche 'putty-clay', parce qu'ex post, étant donné la rigidité de la technologie, il n'est pas économiquement profitable de produire à demi-régime; la firme n'a d'autre choix que celui de produire à pleine capacité ou, sinon, de cesser complètement ses opérations.

. . . .

Donc tel que décrit jusqu'ici, le modèle s'écrit formellement comme suit. La valeur présente nette de la firme s'exprime:

$$V = \int_{T1}^{T2} e^{-rt} \quad (P_M \cdot Q_M - W \cdot L)\, dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} \tag{IV.2}$$

tandis que le vecteur-fonction de production est donnée par

$$Q_M = F(K, L, Q) \tag{IV.3}$$

Q est contraint par la dimension finie des réserves:

$$\sum_{t=T1}^{T2} Q_t = (T2 - T1) \cdot Q = R \tag{IV.4}$$

où T1 et T2 sont respectivement les dates du début de la production, et d'épuisement des réserves; P_M est le vecteur de prix de marché des M métaux, Q_M est le vecteur de la production en volume de chaque concentré des M métaux, W et L sont respectivement le vecteur des prix et le vecteur des quantités des facteurs variables, $q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$ est le coût total en capital en T1 pour l'ensemble des dépenses d'immobilisation et r est le taux d'escompte de la firme, supposé constant, tout comme P_M et W. Le niveau de K, L et Q dans (IV.3) illustre le choix ex ante de technologie de la firme parmi l'ensemble des choix possibles. F est tel que:

$$F(K, L, Q) \geq 0$$

$$F_K, F_L, F_Q > 0 \qquad \text{et}$$

$$F_{KK}, F_{LL} < 0$$

Le problème de la firme consiste à maximiser (IV.2) par choix de K, L et Q_M, sous les contraintes (IV.3) et (IV.4). Toutefois, l'objectif ultime étant d'utiliser ce modèle à des fins empiriques, il ne nous est pas permis de le résoudre sous cette forme. Un des problèmes est que la variable auxiliaire associée à la contrainte (IV.4), et qui apparaît éventuellement dans l'expression du coût implicite du capital obtenue, n'est pas quantifiable puisque cette variable correspond au prix imputé d'une unité de ressource, i.e. la rente! Il est cependant relativement aisé de redéfinir l'expression du problème en une forme compatible avec l'application empirique.

La théorie de la dualité nous montre comment une fonction de production peut déterminer une fonction de coût, laquelle constitue une représentation de la technologie au même titre que l'autre.[38] Si la

---

38 Voir Diewert (30, 31).

fonction de production satisfait certaines conditions de régularité, alors on peut calculer une fonction de coût (minimisée) telle que:[39]

$$c(Q;\, P_M,\, q,\, W) \equiv$$
$$\min_{K,L,Q_M} \{-P_M \cdot Q_M + q \cdot K + W \cdot L \;/\; F(K,L,Q) = Q_M\} \qquad \text{(IV.5)}$$

La fonction représente le profit total ($q \cdot K + W \cdot L$, le coût total) étant donné une consommation Q de minerai; pour Q et K donnés, on peut aussi définir une fonction de coût variable:

$$c(Q,\, K;\, P_M,\, W) \equiv$$
$$\min_{L,Q_M} \{-P_M \cdot Q_M + W \cdot L \;/\; F(K,L,Q) = Q_M\} \qquad \text{(IV.6)}$$

où le profit variable $P_M\, Q_M - W\, L$ est fonction du stock de capital $K_{(T1)}$ choisi. On peut interpréter le choix ex ante de la firme comme suit: pour un niveau de production Q_M désiré, il existe plusieurs possibilités de technologies envisageables, caractérisées par des combinaisons différentes de K, L et ε; toutefois, pour un niveau donné de K, une seule combinaison minimise le coût variable, étant donné les anticipations de la firme sur le vecteur des prix d'inputs variables W. Ex ante, à l'instant où la firme a arrêté ses anticipations de prix, elle connaît chaque fonction de coût variable minimisée associée à

---

39 Que l'on pourrait aussi appeler fonction de profit, étant donné la présence de $P_M \cdot Q_M$.

chacune des technologies envisagées. Elle a donc toute l'information nécessaire à la décision. La firme qui choisit sa capacité de production choisit en fait un stock de capital K et un vecteur de facteurs variables L qui minimisent le coût variable.

À ce point, une simplification supplémentaire est nécessaire. Le taux de recouvrement ε que l'on a jusqu'ici implicitement considéré comme une variable de choix ex ante et ex post est supposée à partir de maintenant une variable exogène. Cette restriction nous permet d'établir une relation unique entre Q et Q_M; à η_m fixe pour chaque m = 1,2,...M, une tonne de minerai Q produit un vecteur de quantités de métaux Q_M constant en tout temps. La relation (IV.3) peut alors s'écrire, après substitution de la solution de (IV.6) pour L:

$$\begin{aligned} Q_m &= F^m\ (K,\ L^*(P_m,\ W,K,Q),Q) \\ &= \varepsilon \cdot g_m \cdot Q \end{aligned}$$

pour chacun des métaux m = 1,2,...M, où F^m est compris dans le vecteur-fonction F. De façon équivalente, on peut l'exprimer:

$$Q = f(K,W,P) \tag{IV.7}$$

où P est la valeur d'une tonne de minerai ($\sum_{m=1}^{M} P_m \cdot \varepsilon \cdot g_m$). f est tel que $f_K > 0$ et $f_{KK} < 0$.

La capacité de production d'une mine est généralement exprimée par la quantité quotidienne ou annuelle potentielle de minerai traitable par le concentrateur. Définissons donc CAP comme la capacité de production de la mine exprimée en tonnes annuellement traitées. Puisque le volume traité correspond aussi à la quantité extraite, on a $Q = CAP = f(K,W,P)$. De même, la durée de vie de la mine est donnée par $T^* = T2 - T1$, si bien que la contrainte (IV.4) se transforme:

$$T^* = \frac{R}{Q} = \frac{R}{CAP} = \frac{R}{f(K,W,P)} \tag{IV.8}$$

Pour R donné, la durée de vie de la mine se déduit dès que l'on a procédé au choix de CAP. Compte tenu de la simplification et de la reformulation, la valeur présente nette de la firme peut maintenant s'écrire:

$$V = \int_{T1}^{T2} e^{-rt} \, [P \cdot f(K,W,P) - c(f(K,W,P),\ K,W,P)] \, dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} \tag{IV.9}$$

où $c(f(K,W,P),\ K,W,P)$ est la version simplifiée de (IV.6) obtenue en remplaçant le vecteur P_M par le scalaire P pour tenir compte de l'hypothèse des taux de recouvrement exogènes et en substituant (IV.7) pour Q. Pour des raisons pratiques, nous redéfinissons la fonction de coût comme $C(f(K,W,P),\ W,P) = c(f(K,W,P),\ K,W,P)$.

En substituant (IV.8) dans (IV.9), on a:

$$V = \int_{T1}^{T1 + R/f(K,W,P)} e^{-rt} \, [P \cdot f(K,W,P) - C(f(K,W,P),\ W,P)] \, dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} \tag{IV.10}$$

Sous l'hypothèse 'putty-clay', la firme maximise V en choisissant K une fois pour toutes en T1 (ex ante), sur la base de prix anticipés qui sont supposés constants.[40]

L'équation (IV.10) incorpore la contrainte de ressource en imposant une date terminale qui est fonction des réserves économiques et des décisions de production; elle incorpore aussi la contrainte technologique via la fonction de coût variable. La rente est donc implicitement présente et prise en compte dans ce modèle: elle est fonction du coût de production et de la taille des réserves. Toutes choses étant égales par ailleurs, plus une ressource est abondante, ou plus elle est de pauvre qualité, moins son prix implicite est élevé. Si on considère que la qualité de la ressource (accessibilité, degré de difficulté à la récupérer au traitement, faible teneur) se reflète dans le coût de production, la rente sur une unité de ressource sera d'autant plus élevée que les réserves sont en faible quantité et le coût de production bas.

. . . .

La condition de premier ordre de maximisation de la valeur présente nette (où implicitement le coût variable est minimisé) est obtenue en dérivant partiellement (IV.10) par rapport à K, après l'avoir préalablement intégrée:

---

40 On pourrait par conséquent normaliser l'expression (IV.10) en fixant P = 1; cependant, nous préférons garder P de façon explicite afin de faciliter l'interprétation.

$$V = \underset{K}{\text{Max}} \int_{T1}^{T1 + R/f(K,W,P)} e^{-rt} \, [P \cdot f(K,W,P) - C(f(K,W,P),W,P)] \, dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} \qquad \text{(IV.10)}$$

$$V = \underset{K}{\text{Max}} \int_{T1}^{T1 + R/f(K,W,P)} e^{-rt} \, dt \cdot [P \cdot f(K,W,P) - C(f(K,W,P),W,P)]$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

$$= \frac{(e^{-rT1} - e^{-r(T1+R/f(K,W,P))})}{r} \, [P \cdot f(K,W,P) - C(f(K,W,P),W,P)]$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} \quad ;$$

on pose T1 = 0; la condition de premier ordre est:

$$V_K = \frac{(1 - e^{-r \cdot R/f(\cdot)})}{r} \, [P \cdot f_K - \frac{\partial C(\cdot)}{\partial f(\cdot)} \cdot f_K]$$

$$- e^{-rR/f(\cdot)} \cdot \frac{R \cdot f_K}{f^2(\cdot)} \, [P \cdot f(\cdot) - C(\cdot)] - q_{(T1)} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{(1-e^{-rT^*})}{r} (P - C_Q) \cdot f_K - e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot (P - \frac{C(\cdot)}{f(\cdot)}) \cdot f_K = q_{(T1)}$$

et finalement

$$f_k = \frac{q_{(T1)} \cdot r}{(1-e^{-rT^*}) \, (P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot (P - \frac{C(\cdot)}{Q})} \qquad \text{(IV.11)}$$

L'expression de droite constitue le prix implicite du service d'une unité de capital pour la mine, que le critère d'optimisation nous demande d'égaliser au produit marginal du capital, le membre de gauche. Ce terme peut paraître inhabituel, et cela s'explique par le fait qu'il se rapporte a une firme minière, dont le capital est de type 'putty-clay'. T^* est la durée de vie de la mine, C_Q est le coût variable marginal et $C(\cdot)/Q$ est le coût variable moyen. La présence de ces deux dernières variables nous confirme de façon évidente la dimension que revêt la décision ex ante de la firme; celle-ci choisit à la fois un stock de capital et un niveau cumulatif de coût variable (sur toute la vie de la mine) associé à celui-ci, fonction de la technologie. C'est donc dire que même les facteurs variables ont une dimension de stock pour la firme, ce qui tient au fait que le capital choisi ex ante est immuable et restreint les possibilités de substitution ex post entre les facteurs de production. Le prix implicite du capital est aussi fonction de la longueur de la période de production (ou dit autrement, du taux d'extraction choisi pour un R donné) par la relation $T^* = R/Q$. Il est possible de fournir des justifications intuitives à ces relations.

Pour commencer, regardons à quoi ressemble le coût implicite du capital pour une firme conventionnelle sans contrainte de ressource; dans ce cas, T^* tend vers l'infini et (IV.11) devient:

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r}{P - C_Q} \tag{IV.12}$$

une expression qui se rapproche de celle obtenue usuellement sous l'hypothèse de capital malléable,[41] mais avec en plus le coût marginal au dénominateur. L'interprétation est facilitée si on remanie (IV.12):

$$P \cdot f_K = q_{(T1)} \cdot r + f_K \cdot C_Q \qquad \text{(IV.12)'}$$

$P \cdot f_K$ est le produit marginal du capital en valeur, $q \cdot r$ est le coût d'option financier d'une unité de capital et $f_K \cdot C_Q$ est le coût variable marginal additionnel associé à l'augmentation du stock de capital d'une unité. L'interprétation économique de (IV.12) est conforme aux caractéristiques d'un modèle à capital 'putty-clay'. Ex ante, la firme choisit son stock de capital en faisant un arbitrage entre d'une part le revenu marginal d'employer une unité de capital supplémentaire, et d'autre part le coût marginal d'utiliser cette même unité: ce coût se compose du coût d'option financier du capital comme tel et du coût variable additionnel qu'implique l'emploi de cette unité. La dimension de stock du coût variable est ainsi démontrée.

Dans le cas d'une firme minière, le remaniement donne:

$$P \cdot f_K = \frac{q \cdot r}{1-e^{-rT^*}} + f_K \cdot C_Q + \frac{r \cdot e^{-rT^*}}{1 - e^{-rT^*}} \cdot T^* \cdot \frac{f_K}{Q} (P \cdot Q - C(\cdot)) \qquad \text{(IV.13)}$$

---

41 C'est-à-dire $q(r + \delta)/P$; sauf qu'ici, on a supposé $\delta = 0$.

Le membre de gauche ainsi que les deux premiers termes du membre de droite sont identiques et ont la même signification que ceux de (IV.12)', sauf pour le premier terme de droite qui a $(1-e^{-rT*})$ au dénominateur. L'expression $q_{(T1)} \cdot r/(1-e^{-rT*})$ est aussi le coût d'option financier d'une unité de capital, mais la différence ici est qu'il se rapport à un capital qui ne sera utilisé que pour une période finie (contrairement à celui de (IV.12)'). Le coût d'option du point de vue d'un entrepreneur est dans ce cas différent, parce qu'il varie avec l'horizon de production planifié. Si $T* \to \infty$, alors $(1-e^{-rT*}) \to 1$ et inversement, $T* \to 0$ implique $(1-e^{-rT*}) \to 0$. Donc à $q_{(T1)}$ et r donnés, le coût d'option financier du capital décroit avec la longeur de la période de production. Intuitivement, cette conclusion est défendable: parce que par hypothèse, notre capital a une valeur nulle en T2, le coût d'option de celui-ci est d'autant plus bas que la période sur laquelle on peut amortir son coût nominal est longue.

Il nous reste à donner une interprétation au troisième terme du membre de droite : c'est le flux financier additionnel à gagner sur chacune des T* périodes pour compenser la perte de production encourue à la période T* par suite de l'épuisement plus rapide des réserves. En effet, f_K est le produit marginal (annuel) du capital et $(P-C(\cdot)/Q)$ le profit variable moyen; conséquemment, $(f_K/Q)\ (P \cdot Q - C(\cdot)) = f_K(P-C(\cdot)/Q)$ constitue la valeur nette du produit marginal associée à une unité supplémentaire de capital. $T* \cdot f_K(P-C(\cdot)/Q)$ a la même définition, mais pour l'ensemble des T* périodes de production; $(r/1-e^{-rT*}) \cdot T* \cdot f_K(P-C(\cdot)/Q)$ exprime cette valeur en terme d'un fluc annuel; enfin, e^{-rT*} actualise ce flux à la période 0.

Pourquoi actualisé en T^*? L'expression ci-haut représente le gain annuel sur les T^* périodes associé à l'accroissement du stock de capital d'une unité; or, étant donné la contrainte de ressource, la somme des accroissements annuels de production constitue un manque à gagner à la dernière période (i.e. la valeur de ce que l'on ne pourra produire parce que les réserves ont déjà été utilisées avant T^*). Évidemment à la marge, la firme accroît son stock de capital jusqu'à ce que la perte (actualisée) encourue en T^* corresponde à la somme des gains annuels réalisés; cela explique pourquoi le flux de gains est actualisé en T^*. Bref le dernier membre de droite constitue en fait le coût d'opportunité d'accroître d'une unité son stock de capital, en terme de production perdue en dernière période. Globalement, l'arbitrage suggéré par (IV.13) s'illustre comme suit:

Valeur du produit marginal annuel du capital	=	Coût d'option financier du capital sur T^* périodes	+	Coût variable marginal supplémentaire annuel
	+	Coût d'option financier sur T^* périodes associé à l'utilisation plus rapide des réserves.		

Les trois termes de droite sont des coûts; en particulier le dernier s'assimile à la définition de la rente, i.e. le coût d'opportunité de produire maintenant plutôt que dans le futur. En fait, on peut montrer que ce terme contient l'expression de la rente: strictement, celle-ci est la valeur en terre d'une unité de ressource; on peut donc l'obtenir en dérivant (IV.10) par rapport à R:

$$V_R = e^{-rT^*} \cdot (P - C(\cdot)/Q) \equiv \lambda \qquad \text{(IV.14)}$$

L'expression (IV.14) n'est rien d'autre que la valeur nette unitaire de la production actualisée en T^*, ce qui correspond bien à la définition de la rente, qui est la valeur perdue plus tard (en T^*) du fait de produire une unité supplémentaire maintenant. Dans cette optique, on voit comment celle-ci s'intègre au troisième terme de droite de (IV.13) en substituant:

$$\frac{r}{1 - e^{-rT^*}} \cdot T^* \cdot f_K \cdot \lambda \qquad \text{(IV.15)}$$

L'addition d'une unité supplémentaire de capital est associée à un coût d'opportunité de ressource qui s'exprime en terme du nombre d'unités de celle-ci perdues en T^* (i.e. $T^* \cdot f_K \cdot \lambda$, où $T^* \cdot f_K$ exprime la quantité et λ la valeur unitaire). Ce résultat est important: non seulement savons-nous que la règle de décision de la firme tient compte de la rente, mais en plus nous sommes en mesure de l'identifier avec précision.

. . . . . .

3 - Introduction de la taxation

Afin de démontrer comment l'impôt des corporations s'intègre à notre modèle, prenons un cas simple. Soit:

$$CFT = u_F^C \; [P \cdot Q - C(\cdot) - DCF - DV - DPCF - MT]$$

l'équation décrivant l'impôt fédéral sur le revenu des corporations tel qu'il s'appliquait entre 1960 et 1971. DCF représente l'allocation du coût en capital accordée sur les actifs d'équipement-machinerie et de structures, calculée sur une base restante. Si le solde non-amorti en t s'écrit $\emptyset_{A(t)}$, et α_A^{CF} est le taux d'amortissement, $\alpha_A^{CF} \cdot \emptyset_{A(t)}$ est la déduction de l'année t. DV est le montant des dépenses de développement déduit à l'année t; ce coût est déductible immédiatement, et peut l'être complètement dès la première année de production si le revenu est suffisamment important (attendu que l'on ne peut l'utiliser pour créer un revenu imposable négatif, i.e. une perte). DPCF est le montant déduit en vertu de l'allocation d'épuisement, qui consiste en un tiers du revenu autrement imposable; la déduction équivaut à réduire d'un tiers le taux d'impôt nominal u_F^C. Finalement MT est la taxe minière provinciale, dont le montant est déductible du revenu pour fin de calcul du revenu imposable au niveau fédéral. Soit ensuite MTWT, la taxe minière des Territoires du Nord-Ouest.

$$MTWT = s_{WT}^M \; [P \cdot Q - C - DMWT - DV - PMWT]$$

où DMWT est l'allocation du coût en capital pour les actifs, accordée au taux linéaire de α_A^{MWT} (i.e. pendant $(1/\alpha_A^{MWT})$ années), DV les dépenses de développement, aussi amorties linéairement à un taux α_{DV}^{MWT}, et PMWT l'allocation de traitement, un taux α_{PA}^{MWT} appliqué sur le coût original des seuls actifs de traitement (i.e. $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, où ϑ_{T1} est la valeur totale du capital, γ_A la fraction de celui-ci composée d'actifs d'extraction et de traitement, et x, la fraction de γ_A composée des seuls actifs de traitement). s_{WT}^M est une échelle progressive de taux de taxation, où le taux marginal croit avec le revenu imposable. Cette taxe est la taxe minière telle qu'elle s'est appliquée dans les Territoires du Nord-Ouest de 1962 à 1971.[42]

Chaque année, notre firme minière doit donc payer des taxes qui sont:

$$TX = CFT + MTWT$$

Si on fait abstraction du congé fiscal de trois ans qui était accordé sous chacun des deux impôts, la valeur présente de la firme en présence de taxes est:

$$V = \int_{T1}^{T2} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C(f(K,W,P), W,P) - TX\right] dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

---

42 Ces régimes de taxation sont plus extensivement exposés à l'Appendice F.

$$V = \int_{T1}^{T1+R/f(K,W,P)} e^{-rt} \{P\cdot f(K,W,P) - C(\cdot) - u_F^C\,[P\cdot f(K,W,P) - C - DCF - DV$$

$$- DPCF - s_{WT}^M\,[P\cdot f(K,W,P) - C - DMWT - DV - PMWT]]$$

$$- s_{WT}^M\,[P\cdot f(K,W,P) - C - DMWT - DV - PMWT]\}\,dt$$

$$- q_{(T1)}\cdot K_{(T1)}$$

$$= \int_{T1}^{T1+R/f(K,W,P)} e^{-rt} \{P\cdot f(K,W,P) - C - u_F^C\,(1- a_{CF}^{DP})[P\cdot f(K,W,P)-C-\alpha_A^{CF}\cdot \emptyset_{A(t)}$$

$$- \alpha_{DV}^{CF}\cdot \emptyset_{DV(t)} - s_{WT}^M\,[P\cdot f(K,W,P) - C - \alpha_A^{MWT}\cdot \gamma_A\cdot \vartheta_{T1}$$

$$- \alpha_{DV}^{MWT}\cdot \gamma_{DV}\cdot \vartheta_{T1} - \alpha_{PA}^{MWT}\cdot x\cdot \gamma_A\cdot \vartheta_{T1}]] - s_{WT}^M\,[P\cdot f(K,W,P)$$

$$- C - \alpha_A^{MWT}\cdot \gamma_A\cdot \vartheta_{T1} - \alpha_{DV}^{MWT}\cdot \gamma_{DV}\cdot \vartheta_{T1} - \alpha_{PA}^{MWT}\cdot x\cdot \gamma_A\cdot \vartheta_{T1}]\}\,dt$$

$$- q_{(T1)}\cdot K_{(T1)}$$

où a_{CF}^{DP} est le taux de l'allocation d'épuisement de la taxe fédérale; α désigne les différents taux d'amortissement du capital (où $\alpha = +\infty$ correspond à une situation où le coût est immédiatement et complètement déductible du revenu, le cas de α_{DV}^{CF} par exemple); le taux qui s'applique à une fraction du coût original (ex: $\gamma_A\cdot \vartheta_{T1}$) correspond à un amortissement linéaire tandis qu'un taux qui s'applique à un solde non-déprécié (ex: $\emptyset_{A(t)}$) signifie que l'amortissement est pris sur le solde résiduel (declining balance basis). Les termes de la dernière expression se regroupent pour former:

$$V = \int_{T1}^{T1+R/f(K,W,P)} e^{-rt} \{(1 - u_F^C \cdot (1-a_{CF}^{DP})(1-s_{WT}^M) - s_{WT}^M)(P \cdot f(K,W,P) - C)$$

$$+ u_F^C \cdot (1 - a_{CF}^{DP})(\alpha_A^{CF} \cdot \emptyset_{A(t)} + a_{DV}^{CF} \cdot \emptyset_{DV(t)})$$

$$+ s_{WT}^M \cdot (1-u_F^C \cdot (1-a_{CF}^{DP}))(\alpha_A^{MWT} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1} + \alpha_{DV}^{MWT} \cdot \gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$$

$$+ \alpha_{PA}^{MWT} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1})\} \, dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Il faut exprimer toutes les déductions d'amortissement du capital en valeur présente. Strictement parlant, la firme individuelle amortit son capital jusqu'en T2, puis pourrait déduire le solde non-déprécié qui reste. La valeur présente des déductions d'amortissement dépend alors de l'horizon de planification choisi, i.e. de la date terminale. Si ce comportement était celui supposé pour notre firme, le calcul deviendrait très lourd, puisqu'alors cette valeur présente serait fonction du stock de capital non-amorti en T2. Or, on a précédemment supposé que notre mine était opérée par une corporation intégrée. Dans ce cas, il est vraisemblable de considérer que cette corporation continuera de déduire de son revenu (d'autres sources) l'allocation en capital à partir des différents soldes non-dépréciés laissés par notre mine en T2. La valeur présente des déductions se calcule alors jusqu'à l'infini et ne varie pas avec la date terminale ou le stock de capital. Si z est la valeur présente des déductions d'amortissement (sur le solde résiduel) de T1 à l'infini associée à un dollar de capital et D la valeur présente des déductions d'amortissement pour la même période pour un stock ϑ quelconque de capital, alors, si on déprécie au taux α:

$$z = \int_{T1}^{\infty} e^{-(r+\alpha)t} \cdot \alpha \, dt$$

et $D = \vartheta \cdot z$ [43]

Dans le cas d'une allocation d'amortissement linéaire, les définitions correspondantes sont:

$$sz = \int_{T1}^{1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

et $sD = \vartheta \cdot sz$;

on déduit un montant constant sur $1/\alpha$ périodes. On peut donc intégrer notre expression de la façon suivante:

$$V = \frac{(1 - e^{-rT^*})}{r} \left[(1-u^1_{WT}) \left(P \cdot f(K,W,P) - C \right) \right]$$

$$+ u^C_F \cdot (1-a^{DP}_{CF}) \cdot (D^{CF}_A + D^{CF}_{DV}) + s^M_{WT} \cdot (1-u^C_F \, (1-a^{DP}_{CF}))$$

$$\cdot (sD^{MWT}_A + sD^{MWT}_{DV} + sD^{MWT}_{PA}) - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

où $u^1_{WT} = u^C_F \cdot (1 - a^{DP}_{CF})(1 - s^M_{WT}) + s^M_{WT}$

Si l'indice K indique la dérivée par rapport à K, la condition de premier ordre de maximisation de la valeur présente nette s'exprime:

---

43 Voir Boadway (6) entre autres pour une application de cette approche.

$$V_K = \frac{(1 - e^{-rT*})}{r} [(1 - u^1_{WT})(P \cdot f_K - C_Q \cdot f_K)]$$

$$+ u^C_F \cdot (1 - a^{DP}_{CF})(D^{CF}_A)_K + (D^{CF}_{DV})_K + s^M_{WT} \cdot (1 - u^C_F \cdot (1 - a^{DP}_{CF}))$$

$$((sD^{MWT}_A)_K + (sD^{MWT}_{DV})_K + (sD^{MWT}_{PA})_K - q_{(T1)}$$

$$- e^{-rT*} \cdot \frac{(R \cdot f_K)}{f^2(K,W,P)} [(1 - u^1_{WT})(P \cdot f(K,W,P) - C)] = 0$$

Si on reprend nos définitions précédentes, on constate que

$$D_K = \frac{dD}{dK} = \frac{d\vartheta \cdot z}{dK} = \frac{dq \cdot K \cdot z}{dK}$$

$$= q \cdot z \qquad \text{car } z \text{ ne varie pas avec } K.$$

$$sD_K = \frac{dsD}{dK} = \frac{d\vartheta \cdot sz}{dK} = \frac{dq \cdot K \cdot sz}{dK}$$

$$= q \cdot sz$$

Donc

$$q_{(T1)} = \frac{(1 - e^{-rT*})}{r} ((1 - u^1_{WT})(P - C_Q) \cdot f_K)$$

$$+ u^C_F \cdot (1 - a^{DP}_{CF}) \cdot (\gamma_A \cdot z^{CF}_A + \gamma_{DV} \cdot z^{CF}_{DV}) \cdot q_{(T1)}$$

$$+ s^M_{WT} \cdot (1 - u^C_F \cdot (1 - a^{DP}_{CF})) \cdot (\gamma_A \cdot sz^{MWT}_A + \gamma_{DV} \cdot sz^{MWT}_{DV} + x \cdot \gamma_A \cdot sz^{MWT}_{PA}) \cdot q_{(T1)}$$

$$- e^{-rT*} \cdot T* \cdot [(1 - u^1_{WT}) (P - \frac{C}{Q})] \cdot f_K$$

et l'expression du coût implicite du capital est:

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \cdot [1 - u_F^C \cdot (1 - a_{CF}^{DP})(\gamma_A \cdot z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot z_{DV}^{CF}) - s_{WT}^M \cdot (1 - u_F^C \cdot (1 - a_{CF}^{DP}))\ (\gamma_A \cdot sz_A^{MWT} + \gamma_{DV} \cdot sz_{DV}^{MWT} + x \cdot \gamma_A \cdot sz_{PA}^{MWT})]}{(1 - u_{WT}^1)\ [(1 - e^{-rT^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot (P - \frac{C}{Q})]} \qquad (IV.16)$$

L'équation (IV.16) exprime le prix implicite du capital en présence d'un impôt des corporations et d'un impôt minier. Le système de taxation est en fait celui qui s'appliquait dans les Territoires du Nord-Ouest entre les années 1962 et 1971. Toutefois, pour simplifier l'exposition du problème, nous avons omis de tenir compte du congé fiscal accordé à la mine sous chacune des deux taxes pendant les trois premières années de production. Avant de donner l'interprétation de (IV.16), dérivons la solution en tenant compte du congé fiscal. Pendant les trois premières années, ce congé exempte la mine de toute taxe:

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt}\ [P \cdot f(K,W,P) - C]\ dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T1+R/f(K,W,P)} e^{-rt}\ [P \cdot f(K,W,P) - C - CFT - MTWT]\ dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Quelques précisions s'imposent avant d'aller plus loin. Comme on l'a constaté jusqu'ici, notre hypothèse à l'effet que la mine est contrôlée par une corporation intégrée nous a permis de simplifier le traitement de questions telles le financement du projet ou le calcul de la valeur présente des déductions d'amortissement. Mais l'avantage principal de l'hypothèse est de nous permettre d'analyser l'impact des dispositions fiscales dans un cadre où la firme fait en sorte que celles-ci sont appliquées au mieux de ses intérêts. Cela signifie par exemple que la firme peut se prévaloir du maximum de chacune des déductions permises chaque année, ou peut soustraire une dépense déductible à 100% le plus vite possible (i.e. entièrement la première année), avec le résultat que l'ensemble des avantages fiscaux disponibles ont une valeur présente maximum. L'hypothèse de la firme intégrée équivaut donc à dire que la corporation a toujours des revenus d'autres sources suffisamment importants pour que le maximum des déductions fiscales accordées à la firme puissent être déduit.

Toutefois, notre formulation de la valeur présente de la firme dans le cas où un congé fiscal s'applique n'est pas nécessairement compatible avec cette hypothèse. En effet telle qu'exprimée, l'expression suppose implicitement que la firme ne fait aucune déduction pendant le congé fiscal, étant donné que le revenu de la mine, quel qu'il soit, n'est pas imposable; c'est évidemment le cas d'une mine qui est aussi une corporation sans autres revenus. Mais si la firme est intégrée, ce traitement est moins évident, parce que sous plusieurs régimes de taxation passés ou présents, la firme peut déduire entièrement ses dépenses de développement la première année contre d'autres revenus, même pendant un congé fiscal. Or notre formulation exclut une telle possibilité. La question à se poser est: est-ce toujours plus avantageux pour une firme de déduire les coûts de développement pendant un congé fiscal? Il n'existe pas de réponse si on ne connaît pas la taille relative de ces coûts et des revenus d'autres sources. Ce qu'on peut dire toutefois, c'est que la progressivité du taux de plusieurs taxes minières peut rendre plus profitable la déduction des dépenses de développement après le congé fiscal, même si la corporation a des revenus suffisants pour accommoder cette déduction dans l'une des trois années dudit congé. Le fait est qu'elle peut réussir à réduire le montant de sa taxe de façon plus substantielle la quatrième année (où le taux marginal est plus élevé) que pendant les trois premières. Tout cela pour dire qu'il n'est pas nécessairement plus avantageux de déduire le coût du développement pendant un congé fiscal; nous supposerons donc que la firme profitant d'une vacance fiscale de trois ans ne déduit le développement qu'à sa quatrième année, la première où le revenu de la firme est imposable. Nous montrerons toutefois que notre résultat peut être interprété de façon générale et peut permettre la déduction de ce coût la première année d'un congé fiscal.

Avant d'intégrer notre dernière expression, il faut définir les variables suivantes:

$$z^1 = \int_{T1+3}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-3)} \cdot \alpha \, dt$$

et $\quad D^1 = \vartheta \cdot z^1 .$

z^1 est la valeur présente des déductions d'amortissement d'un dollar de capital, à partir de la fin de T1+3[44] jusqu'à l'infini, mais

---

[44] Strictement, T1 correspond au <u>début</u> de la première année, si bien que la <u>fin</u> de la première année, ou le début de la seconde est T1+1; similairement T1+3 est le début de la quatrième année.

sur le solde original et non-déprécié, i.e. le solde en T1 (puisque l'on débute l'amortissement seulement à partir de la quatrième période). De la même façon:

$$sz^1 = \int_{T1+3}^{T1+3+1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt}\, dt$$

et $$sD^1 = \vartheta \cdot sz^1$$

sz^1 est la valeur présente des déductions d'amortissement (linéaire) d'un dollar de capital à partir de T1+3, jusqu'à T1+3+1/α (i.e. 1/α années plus loin); le montant déduit est toujours le même, i.e. α. Notre expression intégrée s'écrit donc:

$$V = \frac{(1-e^{-r(T1+3)})}{r}(P\cdot f(K,W,P) - C) + \frac{(e^{-r(T1+3)} - e^{-rT^*})}{r}[(1-u^1_{WT})(P\cdot f(K,W,P) - C)]$$
$$+ u^C_F\cdot(1- a^{DP}_{CF})(D^{1CF}_A + D^{1CF}_{DV}) + s^M_{WT}\cdot(1 - u^C_F\cdot(1 - a^{DP}_{CF}))$$
$$\cdot(sD^{1MWT}_A + sD^{1MWT}_{DV} + sD^{1MWT}_{PA}) - q_{(T1)}\cdot K_{(T1)}$$

et après l'établissement de la condition de premier ordre et remaniement des termes:

$$f_K = \frac{\begin{array}{c} q_{(T1)}\cdot r\cdot[1 - u^C_F\cdot(1- a^{DP}_{CF})\ (\gamma_A\cdot z^{1CF}_A + \gamma_{DV}\cdot z^{1CF}_{DV}) \\ - s^M_{WT}\cdot(1- u^C_F\cdot(1- a^{DP}_{CF}))(\gamma_A\cdot sz^{1MWT}_A + \gamma_{DV}\cdot sz^{1MWT}_{DV} + x\cdot\gamma_A\cdot sz^{1MWT}_{PA})]\end{array}}{\begin{array}{c}[(1- e^{-r(T1+3)}) + (e^{-r(T1+3)} - e^{-rT^*})\cdot(1- u^1_{WT})]\ (P - C_Q) \\ - r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\cdot[(1- u^1_{WT})(P - \frac{C}{Q})]\end{array}}$$

(IV.17)

Dans (IV.17), z_{DV}^{1CF} et z_{DV}^{1MWT} indiquent que pour chaque taxe le coût du développement est déduit à partir la quatrième année. Si on veut supposer que la firme le déduit plutôt la première année du congé fiscal, il suffit de remplacer ces deux termes par z_{DV}^{CF} et z_{DV}^{MWT} respectivement, qui expriment la valeur présente d'une déduction de DV à partir de T1; on peut préférer modeliser ce comportement fiscal plutôt que celui que nous supposons s'il est évident qu'il s'avère plus avantageux pour la corporation. Notre modèle accommode donc indifféremment l'une ou l'autre des hypothèses de comportement de la firme.

Au niveau de l'expression du coût implicite du capital, un congé fiscal amène les différences suivantes (voir (IV.16) et (IV.17)): le numérateur s'écrit de la même façon, sauf pour les z qu'il faut redéfinir selon qu'il y a ou non congé; au dénominateur, la parenthèse $(1 - u_{WT}^{1})$ s'applique à l'ensemble des termes en l'absence de congé fiscal; ce n'est pas le cas lorsque le congé s'applique, puisque le taux effectif de taxation sur le revenu marginal net est alors $u_{WT}^{1} = 0$, si bien que $(1 - e^{-r(T1+3)})$ n'est pas affecté d'un taux de taxation; si hypothétiquement une des deux taxes n'avait pas accordé de congé fiscal, le taux de cette taxe aurait affecté cette parenthèse de la même façon que $(1- u_{WT}^{1})$ le fait pour le reste du dénominateur.

Maintenant comparons le cas avec taxe (par exemple l'équation (IV.16)) avec le cas sans taxe (l'équation (IV.11)). Au numérateur, $q_{(T1)} \cdot r$ est multiplié par un crochet qui exprime comment le coût d'option financier du capital est réduit par les déductions fiscales, exprimées sous forme de valeur présente. Le dénominateur est globalement multiplié par la part du revenu net qui reste au producteur i.e. 1 moins le taux effectif de taxation u^1_{WT}. Bref, le coût implicite du capital avec taxe n'est rien d'autre que ce coût sans taxe, multiplié par une constante qui décrit comment la taxation s'accapare les revenus et subventionne les coûts. La comparaison de (IV.11) et (IV.16) démontre une chose claire: la taxation ne modifie pas la revenu marginal ou le revenu moyen (i.e. la valeur relative de P par rapport à C_Q ou à C/Q), mais ne fait que réduire la portion revenant au producteur; en d'autres mots, la taxation n'exerce son effet que via la modification qu'elle provoque au coût d'option financier du capital (i.e. le crochet qui multiplie $q_{(T1)}$), et laisse le prix relatif de la production et des facteurs variables inchangé.[45] Pour voir cela, on peut aussi exprimer (IV.16) sous la forme 'putty-clay' (voir (IV.13) pour la comparaison avec le cas sans taxe):

$$P \cdot f_K = \frac{1}{(1-u^1_{WT})} \cdot \frac{q_{(T1)}}{1-e^{-rT^*}} \cdot r \cdot [1 - u^C_F(1-a^{DP}_{CF})(\gamma_A \cdot z^{CF}_A + \gamma_{DV} \cdot z^{CF}_{DV})$$

$$- s^M_{WT} \cdot (1-u^C_F(1-a^{DP}_{CF}))(\gamma_A \cdot sz^{MWT}_A + \gamma_{DV} \cdot sz^{MWT}_{DV} + x \cdot \gamma_A \cdot sz^{MWT}_{PA})]$$

$$+ f_K \cdot C_Q + \frac{r \cdot e^{-rT^*}}{1-e^{-rT^*}} \cdot T^* \cdot \frac{f_K}{Q}(P \cdot Q - C) \qquad \text{(IV.18)}$$

---

45 Ce résultat est aussi obtenu par Bernard (3).

Tout ce qui différencie (IV.18) de (IV.13) est concentré autour du coût d'option financier du capital, ce qui démontre bien la proposition ci-haut: la seule composante du prix implicite du capital affectée par la taxation des profits est celle du coût d'option financier du capital; si la taxation réduit ce coût d'option, elle réduit d'autant le prix implicite du capital et encourage l'investissement. Sous certaines conditions, la taxe peut aussi être neutre, i.e. ne pas modifier le prix implicite du capital. Dans le cas du régime de taxation qui nous occupe, il y a neutralité si et seulement si:

$$1 = \frac{\begin{array}{l}[1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP})(\gamma_A\cdot z_A^{CF} + \gamma_{DV}\cdot z_{DV}^{CF}) \\ - s_{WT}^M\cdot(1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP}))(\gamma_A\cdot sz_A^{MWT} + \gamma_{DV}\cdot sz_{DV}^{MWT} + x\cdot\gamma_A\cdot sz_{PA}^{MWT})]\end{array}}{(1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP})(1- s_{WT}^M) - s_{WT}^M)}$$

c'est-à-dire:

$$1 = \frac{[1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP})(\ *\ ) - s_{WT}^M\cdot(1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP}))(**)]}{(1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP}) - s_{WT}^M\cdot(1- u_F^C\cdot(1- a_{CF}^{DP}))}$$

Attendu que u_F^C, $a_{CF}^{DP} > 0$, une condition nécessaire et suffisante pour cela est que $(*) = (**) = 1$ i.e.

$$(\gamma_A\cdot z_A^{CF} + \gamma_{DV}\cdot z_{DV}^{CF}) = 1 \quad \text{et}$$

$$(\gamma_A\cdot sz_A^{MWT} + \gamma_{DV}\cdot sz_{DV}^{MWT} + x\cdot\gamma_A\cdot sz_{PA}^{MWT}) = 1$$

i.e. que la valeur présente des déductions d'amortissement de chaque taxe soit égale à l'unité, un résultat, comme on l'a vu précédemment, bien établi dans la littérature. Dans le cas de la taxe fédérale, une condition suffisante serait de permettre la déduction immédiate de tous les coûts de capital i.e. $\alpha_A^{CF} = \alpha_{DV}^{CF} = +\infty$, ce qui implique $z_A^{CF} = z_{DV}^{CF} = 1$ et $\gamma_A \cdot z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot z_{DV}^{CF} = 1$ car $\gamma_A + \gamma_{DV} = 1$. Si c'était le cas pour la taxe des Territoires du Nord-Ouest, i.e. $sz_A^{MWT} = sz_{DV}^{MWT} = 1$, il n'y aurait neutralité que si $sz_{PA}^{MWT} = 0$, i.e. s'il n'y avait pas d'allocation de traitement; celle-ci serait dans ce cas source de distorsion, i.e. ferait baisser le prix implicite du capital et encouragerait l'investissement; la neutralité de cette taxe en présence d'une allocation de traitement requiert un ou des taux d'amortissement inférieurs à $+\infty$; plusieurs combinaisons sont évidemment possibles.

Avant de conclure cette section, une dernière observation: à l'examen de l'équation (IV.17), on remarque que le dernier terme du dénominateur (celui que l'on a identifié comme l'élément incorporant la rente de la ressource dans le prix implicite du capital) est affecté du taux effectif de taxation qui s'applique en T2. On pourrait à la limite montrer que quels que soient les taux avant T2 (i.e. de T1 à T*-1), seul le taux en vigueur en T2 apparaîtra dans cette expression; cela indique que la valeur exprimée par ce terme est bel et bien actualisée à la période T2, et confirme l'interprétation que nous avons précédemment donné au dernier terme de (IV.13).

. . . .

Notre modèle est donc en mesure de quantifier, pour chaque régime fiscal passé ou présent, le prix implicite après-taxes du capital. En comparant avec le prix implicite sans taxe, on peut déterminer si les divers systèmes de taxes augmentent ou diminuent le coût effectif du capital pour la mine, i.e. si la taxation fournit une incitation à l'expansion du taux de production (via le choix d'une capacité plus grande) ou plutôt décourage l'investissement (capacité de production inférieure). Non seulement sommes-nous en mesure d'identifier la direction de la distorsion, mais aussi l'ordre de grandeur de l'incitation procurée (pour une capacité donnée). Dans cette optique, cet exercice rappelle celui de Bernard (3); sauf que ce dernier discute surtout de la distorsion occasionnée au niveau du choix des divers facteurs de production. De plus, contrairement à Bernard, notre objectif n'est pas de s'en tenir à comparer des incitations mais plutôt de développer une méthode nous permettant d'estimer empiriquement l'impact réel sur les décisions de capacité de l'existence de ces stimulants fiscaux. Il s'agit de déterminer jusqu'à quel point les dits stimulants se transforment en effets réels. Évidemment, l'estimation de l'ampleur de la distorsion ne peut qu'être partielle, parce que notre modèle ne s'intéresse qu'à l'effet sur la capacité des mines qui sont entrées en production sous les divers régimes de taxes considérés; l'analyse exclut l'étude de l'impact sur la taille des réserves économiques (qui sont fonction de variables économiques dont la taxation), ou n'est pas en mesure d'expliquer le cas des mines qui n'ont jamais ouvert (ou qui ont retardé leur date d'ouverture) à cause de la fiscalité défavorable.

. . . .

À ce point, le lecteur est invité à consulter les Appendices F et G, où se retrouvent les résultats pour l'ensemble des provinces, sur toute la période étudiée. La première décrit brièvement chacun des systèmes de taxation, et leur évolution de 1960 à 1980; on ne considère que les caractéristiques pertinentes à notre analyse. L'appendice G expose les régimes complets de taxation (les deux impôts des corporations et l'impôt minier) pour chaque province, et le prix implicite du capital qui en résulte.

La section suivante examine la question de l'application empirique du modèle.

V. VERS UNE APPLICATION EMPIRIQUE

La section précédente ainsi que l'appendice G nous ont montré un type de prix implicite du capital avec des caractéristiques différentes de ceux que l'on obtient généralement sous des hypothèses plus conventionnelles (eu égard à la nature du capital et de la firme). En effet, ce prix implicite renferme des informations sur les caractéristiques géologiques de la mine, sur la date de la fin de ses opérations, et il intervient dans le choix ex ante de la capacité de production. On verra dans cette section que ce prix implicite se distingue aussi dans la méthode à employer pour l'intégrer dans une application empirique.

À cet égard, on peut faire un parallèle avec l'approche de Bernard. Ce dernier est en mesure de quantifier l'effet incitatif de la taxation (sous chacun des régimes étudiés) sur l'investissement parce que le prix implicite du capital qu'il calcule n'est fonction que de variables économiques (attendu que le taux de dépréciation économique est exogène), ce qui permet la comparaison d'hypothèses alternatives. Or, cette façon de faire n'est pas possible dans notre cas; l'examen du prix implicite sans taxes dérivé de notre modèle nous indique immédiatement pourquoi:

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r}{(1 - e^{-rT*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T* \cdot (P - C/Q)} \tag{V.1}$$

(V.1) nous donne le prix implicite d'une unité de capital pour la firme minière, étant donné des prix de marché (tel que reflétés dans P, C, C_Q et $q_{(T1)}$, en plus de r) et les caractéristiques du gisement (les teneurs, incorporées dans P, le prix de marché du métal tiré d'une tonne de minerai, et R, la taille des réserves, comprises dans $T^* = R/Q$). Si ces variables étaient les seules incorporées dans le prix implicite, une comparaison chiffrée entre des hypothèses diverses sur les prix ou la taxation (lorsqu'incluse) serait possible. Mais comme on le constate, (V.1) inclut aussi Q, la capacité de production choisie ex ante, explicitement dans $T^* = R/Q$, et implicitement dans C_Q et C/Q, respectivement le coût marginal et le coût moyen. Dans la mesure où l'on désire utiliser ce prix implicite (après-taxes) pour expliquer le choix de capacité, on constate qu'il existe un problème de simultanéité; parce que non seulement ce prix dépend-il de variables économiques et géologiques, mais il est aussi fonction de la capacité elle-même! Le prix n'est donc pas exogène, comme celui de Bernard par exemple; plutôt, toutes choses étant égales par ailleurs, il y a un prix distinct associé à chaque capacité considérée ex ante. Il est donc plus exact d'affirmer que la firme choisit ex ante un coût total de capital, qui varie à la fois avec le nombre d'unités de capital en cause et avec le prix implicite de chacune de ces unités. Ce résultat peu coutumier découle évidemment du fait, souligné dans la précédente section, que le coût d'option financier du capital dépend de la longueur de la période de production choisie, laquelle est à son tour déterminée par la capacité choisie, pour R données.

Donc, contrairement à Bernard, il ne nous est pas possible de calculer le prix implicite du capital sous des situations de taxes hypothétiques, parce que ce prix doit incorporer la capacité qui y est associée, et qu'évidemment on ne connaît pas cette capacité. En fait, notre but est justement d'arriver à pouvoir calculer ces capacités hypothétiques (dans le cas sans taxes par exemple) afin d'avoir une mesure en termes réels de la distorsion amenée par la fiscalité. À ce point, il nous faut trouver une voie qui puisse permettre l'application empirique du modèle, tout en contournant le problème que pose l'endogénéité du prix implicite du capital sous sa forme présente.

. . . .

Tout d'abord, il nous faut traiter le problème dans une dimension qui soit la plus générale possible, de façon à pouvoir tenir compte de tous les cas particuliers. Considérons l'expression suivante du prix implicite du capital:

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \cdot A_0}{[(1- e^{-rT}) \cdot A_1 + (e^{-rT} - e^{-rT^*}) \cdot A_2]\ (P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot (P - \frac{C}{Q}) \cdot A_2 - A_3} \tag{V.2}$$

À la lumière de tous les prix implicites du capital calculés pour chaque province et époque (tels qu'exposés à l'appendice G), (V.2) représente l'expression la plus générale de ce prix implicite, celle en mesure d'illustrer le résultat de n'importe lequel des systèmes de taxation étudiés ici. T est une période quelconque entre T1 et T* (généralement T1+1, T1+2 ou T1+3); A_0, A_1, A_2 et A_3 résument l'ensemble des paramètres fiscaux: A_0 incorpore les variables relatives aux déductions d'amortissement, au crédit d'impôt, et à toutes les autres déductions représentées sous forme de valeur présente (frais de développement, allocation de traitement, épuisement gagné, etc.), tandis que dans A_1 et A_2 figurent les taux effectifs de taxation. Enfin A_3 est un terme utilisé pour représenter les royautés de la Colombie-Britannique. A_1 et A_2 ne diffèrent que s'il y a congé fiscal de T années (puisqu'alors le taux de taxation effectif n'est pas le même au moment du dit congé); sinon $A_1 = A_2$, les termes du premier crochet du dénominateur se regroupent, et A_1 est commun à l'ensemble des termes du dénominateur. Le lecteur est invité à consulter l'Appendice G pour mieux apprécier la signification de ces variables.

Appelons q^* le prix implicite du capital dans le cas sans taxes ($A_0 = A_1 = A_2 = 1$ et $A_3 = 0$) et q^*_{TX} la même variable en présence de taxes. Dans le premier cas:

$$q^* = q^* \; (P, q, r, W, R, Q) \qquad \text{(V.3)}$$

et dans le second:

$$q^*_{TX} = q^*_{TX} \; (P, q, r, W, R, Q, A_0, A_1, A_2, A_3) \qquad \text{(V.4)}$$

et par conséquent (V.1) et (V.2) peuvent s'écrire:

$$f_K(K,W,P) = q^*(\cdot) \qquad (V.1)'$$

$$f_K(K,W,P) = q^*_{TX}(\cdot) \qquad (V.2)'$$

Dans un univers avec taxes, il existe une fonction de demande de K, tirée de (V.1), qui s'exprime:

$$K = D(q^*_{TX}, W, P)$$

D'autre part, on sait déjà par (IV.7) que:

$$Q = f(K, W, P)$$

On peut donc faire les transformations suivantes:

$$Q = f(K, W, P) \Rightarrow k(Q, W, P) = K$$

et parce que $K = D(q^*_{TX}, W, P)$

$$\Rightarrow K = k(Q, W, P) = D(q^*_{TX}, W, P)$$

$$\Rightarrow D^{-1}(k(\cdot), W, P) = D^{-1}(K, W, P) = q^*_{TX}$$

que l'on redéfinit:

$$q^*_{TX} = h(Q, W, P) = f_K\,(K, W, P) \qquad (V.5)$$

La poursuite de nos calculs requiert la substitution de $f_K(K,W,P)$ par $h(Q,W,P)$ dans (V.2) (le second ayant Q comme argument au lieu de K); si on regroupe les termes:

$$
\begin{aligned}
& P\cdot h(Q,W,P)(1- e^{-rT})\cdot A_1 + P\cdot h(Q,W,P)(e^{-rt} - e^{-rT*})\cdot A_2 \\
& - C_Q\cdot h(Q,W,P)(1- e^{-rT})\cdot A_1 - C_Q\cdot h(Q,W,P)(e^{-rT} - e^{-rT*})\cdot A_2 \\
& - P\cdot h(Q,W,P)\cdot r\cdot e^{-rT*}\cdot T^{*}\cdot A_2 + \frac{C}{Q}\cdot h(Q,W,P)\cdot r\cdot e^{-rT*}\cdot T*\cdot A_2 \\
& - h(Q,W,P)\cdot A_3 - q_{(T1)}\cdot r\cdot A_0 = 0
\end{aligned}
$$

Si on remplace T* par R/Q, T par R_T/Q, où $R_T = R - T\ Q$ et que l'on multiplie partout par Q^2, on obtient:

$$
\begin{aligned}
& P\cdot h(Q,W,P)\ (1- e^{-rR_T/Q})\cdot A_1\cdot Q^2 + P\cdot h(Q,W,P)\ (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})\cdot A_2\cdot Q^2 \\
& - C_Q\cdot h(Q,W,P)(1- e^{-rR_T/Q})\cdot A_1\cdot Q^2 - C_Q\cdot h(Q,W,P)(e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})\cdot A_2\cdot Q^2 \\
& - P\cdot h(Q,W,P)\cdot r\cdot e^{-rR_T/Q}\cdot R\cdot A_2\cdot Q + C\cdot h(Q,W,P)\cdot r\cdot e^{-rR/Q}\cdot R\cdot A_2 \\
& - h(Q,W,P)\cdot Q^2\cdot A_3 - q_{(T1)}\cdot r\cdot Q^2\cdot A_0 = 0
\end{aligned}
\tag{V.6}
$$

L'expression (V.6) constitue une forme décomposée de l'arbitrage illustré en (V.2) entre le produit marginal du capital et le prix implicite après-taxes du capital. À partir de (V.6), définissons une expansion de Taylor autour de la moyenne de l'échantillon pour chacune des variables que la composent, i.e. Q, R, P, q, W, r, A_0, A_1, A_2 et A_3. Si un trait horizontal dénote la moyenne échantillonnale de la variable, l'équation (V.6) peut s'approximer sous la forme générale suivante:

$$g(Q,\ R,\ P,\ q,\ W,\ r,\ A_0,\ A_1,\ A_2,\ A_3) =$$

$$g(\bar{Q},\ \bar{R},\ \bar{P},\ \bar{q},\ \bar{W},\ \bar{r},\ \bar{A}_0,\ \bar{A}_1,\ \bar{A}_2,\ \bar{A}_3) + g_R(R-\bar{R}) + g_P(P-\bar{P}) + g_q(q-\bar{q})$$

$$+ g_W(W-\bar{W}) + g_r(r-\bar{r}) + g_{A_0}(A_0-\bar{A}_0) + g_{A_1}(A_1-\bar{A}_1) + g_{A_2}(A_2-\bar{A}_2)$$

$$+ g_{A_3}(A_3-\bar{A}_3) + g_Q(Q-\bar{Q}) = 0 \tag{V.7}$$

g_R, g_P, g_q, etc. dénotent la dérivée partielle de g( ) par rapport à R, P, q, etc. et sont aisément calculables; (on peut d'ailleurs trouver ces dérivées en Appendice H). Par ailleurs $(R-\bar{R})$, $(P-\bar{P})$, etc. représentent la différence entre la valeur de la variable pour une observation (mine) quelconque à une période donnée et la moyenne de l'échantillon, pour chacune de ces variables. On constate que le recours à l'approximation que constitue l'expansion de Taylor permet de poser le problème d'une façon compatible avec l'application empirique. En effet, on peut transformer (V.7) de façon à obtenir:

$$Q \cong \bar{Q} - \frac{g(\bar{\cdot})}{g_Q} - \frac{g_R(R-\bar{R})}{g_Q}$$

$$- \frac{g_P(P-\bar{P})}{g_Q} - \frac{g_q(q-\bar{q})}{g_Q} - \frac{g_W(W-\bar{W})}{g_Q}$$

$$- \frac{g_r(r-\bar{r})}{g_Q} - \frac{g_{A_0}(A_0-\bar{A}_0)}{g_Q} - \frac{g_{A_1}(A_1-\bar{A}_1)}{g_Q}$$

$$- \frac{g_{A_2}(A_2-\bar{A}_2)}{g_Q} - \frac{g_{A_3}(A_3-\bar{A}_3)}{g_Q} \tag{V.8}$$

Chaque cas de choix de capacité peut se résumer dans l'équation (V.8). Celle-ci exprime le fait que la capacité choisie se situe plus ou moins loin d'une moyenne $\bar{Q}$, et varie avec les caractéristiques du gisement, les conditions économiques et les exigences du régime de taxation en place au moment de la décision. Les termes du membre de droite sont soit des quantités calculables, soit des paramètres inconnus; mais aucun n'est endogène. L'équation (V.8) peut donc servir de base à une estimation économétrique.

Considérons l'équation en détail: Q représente la capacité choisie par la mine dans une province et à une époque données; $\bar{Q}$ est la moyenne des capacités choisies pour l'ensemble des observations de l'échantillon, $g(\bar{\cdot})$ est la fonction décrite par (V.6) ou (V.7) lorsqu'évaluée à la moyenne échantionnale de chacune des variables Q, R, ...A_2, A_3; enfin, on l'a souligné précédemment, g_P, g_Q, etc. sont les dérivées partielles de $g(\cdot)$ par rapport à P, Q, etc. Ce qu'il faut souligner, c'est que $g(\bar{\cdot})/g_Q$ g_R/g_Q, ... g_{A_3}/g_Q ne sont pas des expressions quantifiables; si on examine le détail de ces dérivées telles qu'elles apparaissent en Appendice H, on s'aperçoit que la plupart recèlent un ou des paramètres de coût variable (un ou plusieurs parmi C_Q, C_{QQ}, C_{QW}, C_W et $C(\cdot)$) pour lesquels on ne dispose d'aucune données ou estimé. Pour la même raison h(Q,W,P), qui lui aussi figure dans la plupart des dérivées, ne peut être calculé, puisque $h(Q,W,P) = f_K = q^{*}_{TX}$. Dans l'hypothèse où les paramètres de coût seraient disponibles, alors l'égalité (V.8) pourrait être entièrement chiffrée; nous reviendront sur ce point plus loin.

L'équation économétrique à estimer s'écrit:

$$\Delta Q = \beta + \beta_R \cdot \Delta R + \beta_P \cdot \Delta P + \beta_q \cdot \Delta q + \beta_W \cdot \Delta W + \beta_r \cdot \Delta r + \beta_{A_0} \cdot \Delta A_0 + \beta_{A_1} \cdot \Delta A_1 + \beta_{A_2} \cdot \Delta A_2 + \beta_{A_3} \cdot \Delta A_3 \qquad (V.9)$$

où $\Delta Q = \bar{Q} - Q$ est la variable à expliquer, $\beta = g(\bar{\cdot})/g_Q$ est la constante, $\beta_R = g_R/g_Q$, $\beta_P = g_P/g_Q$, ... $\beta_{A_3} = g_{A_3}/g_Q$ sont les paramètres à estimer et $\Delta R = R - \bar{R}$, $\Delta P = P - \bar{P}$, ... et $\Delta A_3 = A_3 - \bar{A}_3$ sont les variables associées à ces paramètres. Étant donné que l'estimation de (V.9) est rendue nécessaire parce que l'on ignore la valeur des paramètres de coût, on peut interpréter cette estimation comme étant indirectement celle d'une fonction de coût variable de l'industrie, ou de sa technologie. Évidemment, les paramètres obtenus ne sont pas des paramètres de coût comme tel, mais ceux-ci sont implicites dans les β_R, β_P, ..., β_{A_3} calculés. Et de toute façon seuls ces derniers sont nécessaires à l'étape suivante.

Une fois les paramètres estimés, l'évaluation quantitative de l'effet réel de la taxation (i.e. sur le choix de capacité) peut commencer. Ces paramètres, dans (V.9), nous donnent l'importance relative de chaque facteur dans la détermination du choix de capacité, compte tenu de la technologie existante, que l'on a implicitement posé constante sur toute la période et identique pour toutes les mines. Essentiellement, il s'agit de procéder par simulations: pour chaque mine de l'échantillon, on introduit dans (V.9) les mêmes données de base sur les caractéristiques des réserves et les conditions économiques (i.e. ΔR, ΔP, Δq, ΔW et Δr) mais on remplace les variables relatives à l'environnement fiscal (les ΔA_0, ΔA_1, ΔA_2, ΔA_3) par d'autres reflétant les hypothèses alternatives de notre choix. La première parmi ces hypothèses que l'on songe à tester est évidemment celle où il n'y a aucune taxe; la mesure de Q obtenue alors, en comparaison de la valeur observée sous le système réel, nous donne une estimation de la distorsion (exprimée en unité de production) causée par ce système fiscal. Pour avoir un degré de signification plus élevé, on répète la simulation pour chaque observation présente sous le même régime de taxation, ce qui nous permet de calculer une distorsion moyenne, en pourcentage, pour l'ensemble des mines en question. On peut aussi regarder, selon le même principe, ce qu'aurait été la capacité sous d'autres régimes de taxation, existants ou fictifs. Cela nous permet en outre d'estimer l'effet de mesures individuelles (ex: le congé fiscal, l'allocation d'épuisement, l'amortissement accélérée, la variation du taux de taxation, etc.), ce qui rend possible une comparaison de nos résultats (pour peu qu'ils soient établis sur un nombre significatif de mines) avec ceux obtenus dans la littérature (au niveau qualitatif du moins). Mieux, l'équation (V.9) nous permet de faire des tests semblables avec des prix de marché différents, afin de quantifier, par exemple, la sensibilité des décisions d'une firme aux fluctuations de prix des métaux qu'elle produit. Théoriquement, ce modèle a donc un potentiel considérable.

. . . .

L'application empirique de ce modèle constitue un autre travail en soit, et d'étendu considérable. La question de la disponibilité des données nécessaires ne pose pas de problème: les chiffres portant sur la capacité, les réserves et les teneurs pour les mines canadiennes de métaux non-ferreux sur la période 1960-80 sont disponibles, tout comme le prix de marché des métaux, du capital, de la main d'oeuvre et d'autres facteurs variables si nécessaires; la détermination du taux d'escompte ne constitue pas une tâche difficile, quoiqu'elle devra être abordée avec soin. Enfin, le calcul des A_0, A_1, A_2 et A_3 est une étape aisée une fois que les expressions algébriques du coût implicite du capital sont connus. Plus grand sera le nombre de mines sur lequel nous testerons les hypothèses de régimes fiscaux alternatifs retenues, plus significatifs seront les résultats. Normalement, nous devrions constater que la taxation n'a un effet réel qu'à la marge, s'il est vrai que la taille d'un concentrateur est d'abord et avant tout déterminée par l'importance des réserves. Dans quelle mesure la capacité optimale de production demeure tout de même fonction de variables économiques, dont la taxation, est une question empirique.

CONCLUSION

Ce travail avait pour but de proposer une méthode d'estimation de l'impact de l'impôt des corporations et de la taxe minière sur le choix initial de la capacité de production des firmes minières au Canada. Cette méthode est fondée sur une règle de décision économique dérivée d'un processus d'optimisation, qui en outre tient compte d'un élément fondamental en économie des ressources épuisables, la rente. Étant donné notre hypothèse sur le capital, l'effet de la taxation se manifeste complètement sur le prix du capital pour la firme. Nous avons donc dérivé une expression du prix implicite du capital dans laquelle tous les régimes de taxation canadiens considérés ont pu être incorporés. Puis à partir des résultats théoriques, une technique d'application empirique a été suggérée afin d'estimer la capacité de production sous des hypothèses alternatives concernant la taxation et les prix de marché. La comparaison de ces capacités calculées sous des scénarios hypothétiques avec la capacité observée nous permettra d'avoir une indication qualitative et surtout une mesure quantitative de l'impact des régimes de taxes étudiés. Si ce modèle est efficace et cohérent dans ses résultats comme on le souhaite, il pourra constituer un outil valable d'analyse de toute mesure fiscale présente ou envisagée en regard de son impact sur les décisions des firmes minières.

Évidemment, il faut être conscient des limitations du modèle. Tout d'abord il ne peut s'appliquer qu'à la mine qui a pris la décision d'exploiter son gisement et qui doit décider de sa capacité de production optimale; cela suppose que la mine demeure (ou devient) profitable en présence de taxation. Le modèle ignore toutefois le cas des gisements qui n'ont jamais été exploités à cause de la taxation ni n'explique les délais dans le temps que celle-ci peut occasionner dans la mise en valeur d'un gisement. En second lieu, il faut convenir que notre hypothèse sur le capital est extrême: elle facilite la modelisation théorique, mais sous-estime la flexibilité d'ajustement de la mine du monde réel. L'examen de dizaines de cas d'ouverture de mines au Canada durant la période étudiée tend à montrer que la firme minière est plutôt conservatrice dans son choix initial de capacité. La stratégie est 'attentiste': si le gisement est moins important que prévu initialement, la perte d'efficacité est minimisée. Par contre, dans le cas de la majorité des mines, la réalité est différente: les réserves réelles, que l'on réussit généralement à identifier complètement après un certain nombre d'années de production, s'avèrent plus élevées que l'estimé effectué en T1. Donc lorsque les réserves initiales sont d'abord confirmées, puis augmentées par de nouvelles découvertes, la mine peut décider d'accroître la capacité du concentrateur afin de s'ajuster à la nouvelle situation. Cette réalité n'est pas considérée dans notre modèle, quoique l'on puisse assimiler et poser le problème du choix d'un accroissement de capacité de la même façon que le choix initial. D'autre part, notre modèle néglige d'incorporer la dépréciation économique (l'usure réel des actifs) et l'investissement de remplacement qui lui est associé. C'est une simplification importante au niveau théorique qui gagnerait à être corrigée.

Évidemment l'ensemble du travail empirique reste à faire. On dispose déjà de toute l'information requise sur la fiscalité (quoiqu'il pourrait être envisageable d'étendre l'analyse à d'autres provinces). Nous savons aussi que des données sur les mines de métaux non-ferreux sont disponibles, tandis que la cueillette des différents prix de marché nécessaires ne constitue pas un problème. Après avoir exprimé les paramètres de taxation en valeur présente, le coeur du travail résidera dans l'estimation économétrique de l'expression (V.9) sur un nombre suffisant d'observations, suffisamment important pour rendre significatifs les résultats obtenus. C'est à ce niveau que se jouera toute la crédibilité de l'application empirique: le modèle sera aussi robuste que l'équation estimée sera significative.

Appendice A

Soit:

X_{tg} la quantité de minerai de teneur g extrait en t

(g = 1, ... G, en qualité décroissante)

$C_t(X_t)$ le coût d'extraction en t

où $C_t' > 0$, $C_t'' \geq 0$

et $X_t = \Sigma_{g=1}^{G} X_{tg}$

P_t le prix de marché de l'output

α_g la proportion de métal dans le minerai de teneur g

$\Sigma_{g=1}^{G} \cdot \alpha_g \cdot X_{tg}$ l'output (métal) en t

R_g la quantité physique de minerai de teneur g

r le taux d'intérêt

Le problème de la firme est de:

$$\underset{(X_{tg})}{\text{Max}} \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+r)^{t-1}} \left[P_t \cdot \sum_{g=1}^{G} \alpha_g X_{tg} - C_t(X_t)\right]$$

sous contrainte

$$R_g \geq \sum_{t=1}^{T} X_{tg} \qquad , g=1, \ldots G$$

$$X_{tg} \geq 0 \qquad , t=1, \ldots T; g=1, \ldots G$$

Les conditions de Kuhn-Tucker donnent, si l'expression est préalablement transformée sous forme de Lagrangien:

$$L'_{X_{tg}} = \frac{P_t \cdot \alpha_g - C'_t\ (X_t)}{(1+r)^{t-1}} - \lambda_g \leq 0$$

$$\text{où } X_{tg} \geq 0,\ X_{tg} L'_{X_{tg}} = 0$$

$$L'_{\lambda_g} = R_g - \sum_{t=1}^{T} X_{tg} \geq 0$$

$$\lambda_g \geq 0,\ \lambda_g L'_{\lambda_g} = 0$$

où λ_g est le prix implicite de la ressource de teneur g.

Si on considère deux teneurs g1 et g2 dans un modèle à deux périodes, quelques manipulations mènent à la règle de sélection des teneurs suivante:

$$(\alpha_{g1} - \alpha_{g2}) \left\{ \frac{P_{t1}}{(1+r)^{t1}} - \frac{P_{t2}}{(1+r)^{t2}} \right\} \geq 0$$

qui indique que la sélection des teneurs à extraire correspond au profil des prix actualisés.

(24, pp. 19-20)

Appendice B

Les caractéristiques de l'impôt fédéral sur le revenu des corporations, en 1977, tel qu'appliqué aux entreprises minières[1]:[2]

- taux d'imposition de 36%

- allocation d'amortissement de 30% pour les dépenses de capital

- une allocation d'épuisement gagnée de 33% des dépenses de capital

- une allocation de ressource correspondant à 25% du revenu net d'opération (après les coûts d'opération et les allocations d'amortissement)

- les taxes provinciales et minières ne sont pas déductibles du revenu imposable.

---

1 Helliwell suppose que la mine est opérée par une corporation ayant des revenus taxables provenant d'autres sources, lui permettant d'utiliser toutes les déductions auxquelles elle a droit.

2 Tel que décrit par Helliwell (46, p. 39-40).

Les caractéristiques du système de taxation de la Colombie-Britannique:

- le taux de 15% a été employé comme taux de taxation des revenus des corporations (hormis le fait que le taux était de 13% avant 1976)

- la taxe minière sur les profits a un taux de 17.5% en 1977, alors que le système de 1974-76 comportait un taux de base de 15% sur les profits, plus un taux de base de 5% de royauté sur la valeur de la production, plus une 'super royauté' de 50% sur le montant par lequel le prix observé du cuivre excédait la 'valeur de base' établie par la loi. En plus, les systèmes de 1975 et 1976 diffèrent sur la définition de revenu imposable, ce dont on tient compte dans les simulations.

En un mot, le système de 1974-76 est basé sur la taxation par la royauté, tandis que celui après 1976 ne taxe que les profits.

Appendice C

Modèle d'Olewiler[1]

Soit:

π: Profit économique

R: Revenu total, où $R = P \cdot Q(K,L)$

wL: Coûts salariaux

rK: Coût en capital

t: Taux de la taxe sur π

πo: Profit variable

Y: Taux de la taxe sur πo

T: Taux marginal maximum

b: Taux de l'allocation de dépréciation

X: Taux de rendement sur le capital: $\pi o/K$

- La taxe sur les profits s'applique sur:

$$\pi = R - wL - rK$$

si bien que les profits après taxes sont donnés par:

$$\bar{\pi} = (1-t)\ [R - wL - rK] \tag{1}$$

---

1 Voir (60, p. 54-55).

- La taxe basée sur le taux de rendement s'applique plutôt sur le profit variable; la particularité de cette taxe réside dans la détermination du taux; celui-ci est:

$$Y = T - \frac{b \cdot T}{X}$$

où T et b sont déterminés par le gouvernement. Puisque

$$X = \frac{\pi o}{K} = \frac{R - wL}{K}$$

Donc:

$$Y = T - \frac{b \cdot T \cdot K}{R - wL}$$

On applique le taux Y sur πo; le profit après taxe est donc:

$$\tilde{\pi} = (1-Y)\ \pi o - rK$$

$$\tilde{\pi} = (1-Y)\ (R - wL) - rK$$

où il faut inclure le coût en capital, non-compris dans le profit variable.

En substituant la valeur de Y, on obtient:

$$\tilde{\pi} = \left[1 - \left(T - \frac{b \cdot T \cdot K}{R - wL}\right)\right]\ (R - wL) - rK$$

$$\tilde{\pi} = (1-T)\ (R - wL) - rK + b \cdot T \cdot K \tag{2}$$

Appendice D

Règles de décisions[1]

Situation sans taxe

Produit marginal du facteur:		Prix du marché du facteur:
L		$\frac{w}{p}$
K_i		$\frac{q_i\ (r + \delta_i)}{p}$
	$i = D, S, EM$	
EX		$\frac{c}{p}$

où:

L: la main-d'oeuvre

K_i: le bien de capital i

EX: l'exploration

p: le prix du marché de l'output final

w: le taux de salaire du marché

q_i: le prix du marché d'une unité de capital i

δ_i: le taux réel de dépréciation sur le bien de capital i

r: le taux d'escompte utilisé par la firme

c: le prix unitaire de service d'exploration

i: D, les dépenses de développement; S, les dépenses en structures et EM, les dépenses en équipement et machinerie.

---

1 Reproduction de la Table 2.1 de Bernard (3).

Ces règles montrent que la main-d'oeuvre doit être utilisée jusqu'à ce que la valeur de son produit marginal égale son prix, le taux de salaire réel; de même, on égalise le produit marginal du capital i à son prix implicite, qui consiste en la somme du taux d'intérêt et du taux de dépréciation. Finalement la contribution marginale de l'exploration aux réserves doit être égalisée au coût marginal de l'exploration.

Appendice E

Illustration de l'impact des changements de la taxation fédérale sur les prix après-taxe[1]

Prix après-taxe	Sans taxe (1)	Jusqu'en 1972 (2)	Jusqu'en 1972 avec exemption de nouvelle mine (3)	Règles de 1978 (4)
Q	1	0.734	1	0.730
L	1	0.734	1	0.730
K_{EM}	1	0.717	0.775	0.690
K_S (30%)	1	0.717	0.775	0.690
K_S (100%)	1	0.661	0.734	0.632
K_S (4%)	1	0.843	0.876	0.690
K_D	1	0.661	0.661	0.543
EX	1	0.661	0.661	0.424

où

Q: l'output

L: la main-d'oeuvre

K_{EM}: le capital en équipement-machinerie

K_S: le capital en structures

K_D: le capital en développement

EX: les dépenses d'exploration

et les pourcentages associés aux K_S représentent les taux de l'allocation d'amortissement accordés avant 1972.

---

[1] Une version simplifiée du tableau 3.4 de Bernard (3).

Appendice F

DESCRIPTION DES SYSTÈMES DE TAXATION DE LA FIRME MINIÈRE AU CANADA DE 1960 A 1980

La présente section a pour but de décrire et de modeliser les systèmes de taxation du gouvernement fédéral et de quelques provinces et territoires qui se sont appliqués durant la période 1960-1980. Ces provinces et territoires sont le Québec, l'Ontario, la Colombie-Britannique, les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon. Deux critères ont présidé à leur sélection; d'abord, celles-ci représentent (avec le Manitoba) les principales provinces productrices de métaux non-ferreux en terme de valeur de la production, où se retrouve la grande majorité des établissements miniers. Ensuite, elles ont été choisies en fonction de l'application empirique: parmi l'ensemble des provinces où des données sont disponibles, ces provinces et territoires sont ceux qui nous procurent le plus grand nombre d'observations utilisables, attendu qu'il fallait nous assurer de l'existence d'un nombre minimum de celles-ci dans une province (au moins une dizaine) afin de justifier la recherche et la modelisation de ses différentes lois fiscales.

La description qui suit n'est que partielle, dans le sens où elle ne comporte que les mesures pertinentes à notre modèle et au contexte dans lequel il sera utilisé. Par exemple, puisque dans notre cas notre mine est une nouvelle mine au sens des diverses lois de l'impôt, nous considérons seulement le traitement fiscal réservé aux nouvelles mines. De plus, nous ignorons les cas spéciaux tels la vente d'actifs, ou les mesures telles l'aide aux petites entreprises, ou encore des caractéristiques qu'il s'avère impossible à modeliser telle la procédure de moyenne sur plusieurs années du taux d'imposition, dans le cas de taxe minière à taux progressifs. L'exposition des systèmes de taxation se fait de façon schématique, en utilisant la notation de notre modèle. Pour plus de détail ou de précision sur une loi ou une disposition quelconques, le lecteur est invité à consulter les sources pertinentes.

1 - Impôt fédéral sur le revenu des corporations

1.1 Structure de 1960-71

$$CFT = u_F^C \, [P.Q - C - DCF - DV - DPCF - MT]$$

. DCF: Allocation d'amortissement des structures (S) et équipement-machinerie (EM)

$$DCF = \alpha_S^{CF} \cdot \emptyset_{S(t)} + \alpha_{EM}^{CF} \cdot \emptyset_{EM(t)};$$

puisque $\alpha_S^{CF} = \alpha_{EM}^{CF}$ (classe 10)

$$DCF = \alpha_A^{CF} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

sur le solde résiduel,

où $\emptyset_{A(t)}$ est le solde non-déprécié en t.

$$\emptyset_{A(t)} = \emptyset_{S(t)} + \emptyset_{EM(t)}$$

où A signifie actifs (dépréciables)

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CF} \cdot \emptyset_{DV}$$

Le taux α_{DV}^{CF} s'applique sur le solde résiduel $\emptyset_{DV}$, la partie non encore déduite pour fins fiscales.

. DPCF: allocation d'épuisement

$$DPCF = a_{CF}^{DP} [P.Q - C - DCF - DV - MT]$$

Constitue une fraction du revenu autrement imposable.

. MT: Taxes minières déductibles

1.1.1 Taux de 1960-66

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$*

$a_{CF}^{DP} = 33\ 1/3\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec:

taux nominal	:	47%
plus: en vertu du Old Age Security Act (O.A.S.A.):	:	3%
moins: abatement à la province	:	10%
Taux applicable	:	40%

. Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	47%
plus: O.A.S.A.	:	3%
moins: abatement	:	9%
Taux applicable	:	41%

---

* On ne peut utiliser la déduction DV pour créer une perte pour fins d'impôt; conséquemment, la corporation est limitée à déduire DV jusqu'à concurrence de son revenu taxable (après l'amortissement). Si ce revenu est suffisant, la corporation pourra déduire la totalité de DV la première année ($\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$). C'est ce que nous supposons ici, en vertu de notre hypothèse de corporation intégrée. Dans le reste du texte, une déduction de cette nature sera soulignée par le même symbole (*).

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	47%
plus: O.A.S.A.	:	3%
Taux applicable	:	50%

1.1.2 Taux de 1967

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$*

$a_{CF}^{DP} = 33\ 1/3\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	47%
plus: O.A.S.A.	:	3%
moins: abatement	:	10%
Taux applicable	:	40%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	47%
plus: O.A.S.A.	:	3%
Taux applicable	:	50%

1.1.3 Taux de 1968-71

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$*

$a_{CF}^{DP} = 33\ 1/3\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	47.00%
plus: surtaxe de 3%; 3% de 47%	:	1.41%
plus: O.A.S.A.	:	3.00%
moins: abatement	:	10.00%
Taux applicable	:	41.41%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	47.00%
plus: surtaxe de 3%	:	1.41%
plus: O.A.S.A.	:	3.00%
Taux applicable	:	51.41%

1.2 Structure de 1972-73

$$CFT = u_{F}^{C}\ [P.Q - C - DCF - DPCF - DV - MT]$$

. DCF: Allocation d'amortissement

Pour les nouvelles mines, la classe 28 permet une dépréciation accélérée.

$$DCF = \alpha_{A}^{CF} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

et $\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ au minimum.

Toutefois, la mine peut déduire le solde non-déprécié de cette classe jusqu'à concurrence du revenu de la mine (pas de la corporation), et ultimement jusqu'à ce que le coût soit entièrement amorti. Théoriquement, α_{A}^{CF} peut donc atteindre 100% si le coût est entièrement déduit la première année.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CF} \cdot \emptyset_{D(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel.

. DPCF: allocation d'épuisement

$$DPCF = a_{CF}^{DP} \, [P.Q - C - DCF - DV - MT]$$

. MT: Taxes minières déductibles

1.2.1 Taux de 1972

Congé fiscal aux nouvelles mines: deux ans seulement parce que tous les congés, même ceux existants, se terminent à la fin de l'année 1973.

$\alpha_A^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$* $a_{CF}^{DP} = 33\ 1/3\%$

u_F^C: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	50.0%
moins: réduction de 7%; 7% de 50%	:	3.5%
moins: abatement aux provinces	:	10.0%
Taux applicable	:	36.5%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	50.0%
moins: réduction de 7%	:	3.5%
Taux applicable	:	46.5%

1.2.2 Taux de 1973

Congé fiscal aux nouvelles mines: un an seulement parce que tous les congés fiscaux, même ceux en vigueur, se terminent à la fin de l'année 1973.

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$* $a_{CF}^{DP} = 33\ 1/3\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	49%
moins: abatement	:	10%
Taux applicable	:	39%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

Taux nominal et applicable	:	49%

1.3 Structure de 1974

$$CFT = u_{F}^{C}\ [P.Q - C - DCF - EDCF]$$

. DCF: Allocation d'amortissement du coût des actifs et du développement.

. DCF: $\alpha_{A}^{CF} \cdot \emptyset_{A(t)} + \alpha_{DV}^{CF} \cdot \emptyset_{DV(t)}$

α_{A}^{CF}: classe 28 avec amortissement accéléré, jusqu'à concurrence du revenu de la mine.

α_{DV}^{CF}: sur le solde non-déprécié $\emptyset_{DV(t)}$

. EDCF: allocation d'épuisement gagnée.

La déduction est le moindre de:

. $a_{CF}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$

. $b_{CF}^{ED} \cdot [P.Q - C - DCF]$

(où $b_{CF}^{ED} = 25\%$)

On choisi de modeliser EDCF selon la première alternative.

$$EDCF = a_{CF}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

où ϑ_{T1} est la base de l'allocation d'épuisement gagnée, composée de la somme des coûts de capital en actifs dépréciables et en développement. Strictement, EDCF est une déduction obligatoire; on suppose donc implicitement que le revenu de notre corporation intégrée est tel que $EDCF = a_{CF}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$ constitue moins de 25% des revenus autrement imposable i.e. [P.Q - C - DCF]. Dans ce cas, la base épuisable est déduite entièrement la première année.

. MT: les taxes minières ne sont plus déductibles aux fins du calcul du revenu imposable au niveau fédéral.

1.3.1 Taux de 1974

Le congé fiscal aux nouvelles mines est aboli.

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 30\%$ $a_{CF}^{ED} = 33\ 1/3\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	50%
moins: abatement aux provinces	:	10%
moins: réduction pour les entreprises de ressources minérales	:	15%
Taux applicable	:	25%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	50%
moins: réduction aux entreprises de ressources minérales	:	15%
Taux applicable	:	35%

1.4 Structure de 1975

$$CFT = u_{F}^{C}\ [P.Q - C - DCF - EDCF] - ICCF$$

. DCF: Allocation d'amortissement

. DCF: $\alpha_{A}^{CF}\,(1 - a_{CF}^{TC})\,\emptyset_{A(t)} - \alpha_{DV}^{CF}\,\emptyset_{DV(t)}$

α_{A}^{CF}: classe 28 (amortissement accéléré)

$(1 - a_{CF}^{TC})\,\emptyset_{A(t)}$, le solde non-déprécié, est réduit en proportion du taux du crédit d'impôt[1].

α_{DV}^{CF}: sur le solde résiduel.

. EDCF: Allocation d'épuisement gagnée

$$EDCF = a_{CF}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

On suppose qu'elle est déduite entièrement la première année, puisqu'elle peut être soustraite aux autres revenus de la corporation intégrée.

. ICCF: Crédit d'impôt à l'investissement

Le crédit est le moindre de:

. $a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$

. le total de \$15,000 + (1/2) . [CFT - \$15,000]

---

1 Équivaut à réduire le solde <u>original</u> du <u>montant</u> du crédit d'impôt.

où a_{CF}^{TC} est le taux du crédit d'impôt; on choisi de le modeliser selon la première alternative. Donc:

$$ICCF = a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Le crédit d'impôt est une fraction du coût en capital des actifs dépréciables soustrait du montant d'impôt autrement payable. La fraction soustraite est aussi, comme on l'a vu, déduite du solde non-déprécié pour fin d'amortissement.

1.4.1 Taux de 1975

$\alpha_A^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 30\%$ $a_{CF}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$a_{CF}^{TC} = 5\%$

u_F^C: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	50%
moins: abatement	:	10%
moins: réduction aux entreprises de ressources minérales	:	15%
Taux applicable	:	25%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

taux nominal	:	50%
moins: réduction aux entreprises de ressources minérales	:	15%
Taux applicable	:	35%

1.5 Structure de 1976-80

$$CFT = u_F^C \; [P.Q - C - DCF - EDCF - RACF] - ICCF$$

. DCF: Allocation d'amortissement

$$DCF = \alpha_A^{CF} \; (1 - a_{CF}^{TC}) \; \phi_{A(t)} - \alpha_{DV}^{CF} \cdot \phi_{DV(t)}$$

α_A^{CF}: classe 28 (amortissement accéléré); le solde non-déprécié est réduit en proportion du taux du crédit d'impôt.

α_{DV}^{CF}: sur le solde non-déprécié

. EDCF: Allocation d'épuisement gagnée

$$EDCF = a_{CF}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

Déduite entièrement la première année.

. RACF: Allocation de ressource

$$RACF = a_{CF}^{RA} \; [P.C - C - \alpha_{A}^{CF} \; (1 - a_{CF}^{TC}) \; \emptyset_{A(t)}]$$

L'allocation de ressource consiste en la déduction du revenu autrement imposable d'une fraction du revenu net excluant la déduction des frais de développement et l'épuisement gagnée.

. ICCF: Crédit d'impôt à l'investissement

$$ICCF = a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$$

Une fraction du coût en capital des actifs dépréciables.

1.5.1 Taux de 1976

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 30\%$ $a_{CF}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$a_{CF}^{TC} = 5\%$ $a_{CF}^{RA} = 25\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	46%
moins: abatement aux provinces	:	10%
Taux applicable	:	36%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

Taux nominal et applicable : 46%

1.5.2 Taux de 1977

Les mêmes qu'en 1976 sauf que a_{CF}^{TC} peut être de 7 1/2% ou 10% au lieu de 5% dans certaines régions désignées[2].

1.5.3 Taux de 1978-79

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$* $a_{CF}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$a_{CF}^{TC} = 7\%$, ou 10% ou 20% dans certaines régions désignées.

$a_{CF}^{RA} = 25\%$

u_{F}^{C}: varie selon les provinces:

. Québec, Ontario et Colombie-Britannique:

taux nominal	:	46%
moins: abatement	:	10%
Taux applicable	:	36%

. Territoires du Nord-Ouest et Yukon:

Taux nominal et applicable : 46%

---

2 Demeure une question empirique; on appliquera le taux approprié selon que la mine se trouve ou non dans une région désignée. Voir l'article 127(9) de la Loi de l'impôt sur le revenu (17).

1.5.4 Taux de 1980

$\alpha_{A}^{CF} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CF} = 100\%$* $a_{CF}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$a_{CF}^{TC} = 7\%$, ou 10% ou 20% dans certaines régions désignées

$a_{CF}^{RA} = 25\%$

u_{F}^{C}: pour toutes les provinces et territoires[3]:

taux nominal	:	46.0%
moins: abatement	:	10.0%
plus: surtaxe temporaire de 5%; 5% du 36%	:	1.8%
Taux applicable	:	37.8%

---

3 Note: Rigoureusement, le taux applicable pour les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon est 46.8% (i.e. on ne compte pas l'abatement), puisque l'on traite ici ces deux territoires comme s'ils ne prélevaient pas d'impôt sur le revenu des corporations. Or, les Territoires du Nord-Ouest administrent leur propre impôt des corporations depuis 1978 et le Yukon depuis 1980. Le taux suggéré ici de 46.8% et le taux applicable donné en 1.5.3 sont équivalents à la somme du taux du territoire et du gouvernement fédéral. Comme le revenu imposable est calculé de la même façon à chacun des paliers de gouvernement, la somme des taxes territoriale et fédérale équivaut à la seule taxe fédérale dans le cas où l'on suppose que le gouvernement canadien est le seul à prélever une taxe, et que l'abatement provincial ne s'applique pas.

2 - Impôt sur le revenu des corporations du Québec

2.1 Structure de 1960

$$CQT = u_Q^C \, [P.Q - C - DCQ - DPCQ - MT]$$

. DCQ: Allocation d'amortissement du coût en capital des actifs dépréciables A (i.e. structures et équipement-machinerie) et des frais développement DV.

$$DCQ = \alpha_A^{CQ} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1} + \alpha_{DV}^{CQ} \cdot \alpha_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$$

On amortie en ligne droite, i.e à un taux α_A^{CQ} pendant $(1/\alpha_A^{CQ})$ années pour A, et à un taux α_{DV}^{CQ} pendant $(1/\alpha_{DV}^{CQ})$ années pour DV. Le montant amorti durant cette période est donc le même à chaque année, jusqu'à ce que le coût soit entièrement déduit.

. DPCQ: Allocation d'épuisement

Comme au niveau fédéral:

$$DPCQ = a_{CQ}^{DP} \, [P.Q - C - DCQ - MT]$$

. MT: Taxes minières déductibles

2.1.1 Taux de 1960

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_A^{CQ} = 15\%$ $\alpha_{DV}^{CQ} = 15\%$

$a_{CQ}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $u_Q^C = 10\%$

2.2 Structure de 1961-74

$$CQT = u_Q^C\ [P.C - C - DCQ - DV - DPCQ - MT]$$

. DCQ: Allocation d'amortissement du coût des actifs

$$DCQ = \alpha_A^{CQ} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

où $\emptyset_{A(t)}$ est le solde résiduel; amortissement sur une base restante.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CQ} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

où $\emptyset_{DV(t)}$ est le solde non-déprécié; on réduit ce solde jusqu'à concurrence du revenu imposable, et à la limite on peut le déduire entièrement la première année. Identique au niveau fédéral.

. DPCQ: Allocation d'épuisement

$$DPCQ = a_{CQ}^{DP} [P.Q - C - DCQ - MT]$$

(idem à 2.1)

. MT: taxes minières déductibles

2.2.1 Taux de 1961-71

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines

$\alpha_{A}^{CQ} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%$*

$a_{CQ}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $u_{Q}^{C} = 12\%$

2.2.2 Taux de 1972

Congé fiscal aux nouvelles mines: deux ans seulement, parce que tous les congés fiscaux se terminent à la fin de l'année 1973.

α_{A}^{CQ}: 30% minimum; classe 28, comportant un amortissement accéléré, où on peut déduire le solde non-déprécié jusqu'à concurrence du revenu <u>de la mine</u> (Identique à application fédérale).

$\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%$*

$a_{CQ}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $u_{Q}^{C} = 12\%$

2.2.3 Taux de 1973

Congé fiscal aux nouvelles mines: un an, car tous les congés fiscaux se terminent à la fin de l'année 1973.

$\alpha_{A}^{CQ} = 30\%,$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%*$

$a_{CQ}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $\qquad u_{Q}^{C} = 12\%$

2.2.4 Taux de 1974

Le congé fiscal aux nouvelles mines est aboli.

$\alpha_{A}^{CQ} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%*$

$a_{CQ}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $\qquad u_{Q}^{C} = 12\%$

2.3 Structure de 1975

$$CQT = u_{Q}^{C}\ [P.Q - C - DCQ - DV - EDCQ]$$

. DCQ: Allocation d'amortissement du coût des actifs dépréciables.

$$DCQ = \alpha_{A}^{CQ} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

Classe 28 pour les nouvelles mines, avec amortissement accéléré, jusqu'à concurrence du revenu de la mine.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CQ} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel.

. EDCQ: Allocation d'épuisement gagnée.

$$EDCQ = a_{CQ}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

L'allocation consiste en la déduction d'une fraction a_{CQ}^{ED} de la base pour fin d'épuisement gagnée ϑ_{T1}. Puisque la firme intégrée peut déduire EDCQ contre la totalité de ses revenus en surplus du revenu de la mine, on suppose que l'allocation est soustraite entièrement la première année (Identique à l'application fédérale).

2.3.1 Taux de 1975

$\alpha_{A}^{CQ} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%$*

$a_{CQ}^{ED} = 33\ 1/3\%$ $\qquad$ $u_{Q}^{C} = 12\%$

2.4 Structure de 1976-79

$$CQT = u_{Q}^{C}\ [P.Q - C - DCQ - DV - EDCQ - RACQ]$$

. DCQ: Allocation d'amortissement

$$DCQ = \alpha_{A}^{CQ} \cdot \phi_{A(t)}$$

Classe 28 (amortissement accéléré)

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CQ} \cdot \phi_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. EDCQ: Allocation d'épuisement gagnée

$$EDCQ = a_{CQ}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

Déduite entièrement la première année

. RACQ: Allocation de ressource

$$RACF = a_{CQ}^{RA}\ [P.Q - C - DCQ]$$

Identique à l'application fédérale

2.4.1 Taux de 1976-79

$\alpha_{A}^{CQ} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CQ} = 100\%$* $a_{CQ}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$a_{CQ}^{RA} = 25\%$ $u_{Q}^{C} = 12\%$

3 - Impôt sur le revenu des corporations de l'Ontario

3.1 Structure de 1960-70

$$COT = u_0^C \; [P.Q - C - DCO - DV - DPCO - MT]$$

. DCO: Allocation d'amortissement des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie).

$$DCO = \alpha_A^{CO} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

où le taux α_A^{CO} s'applique sur le solde non-déprécié $\emptyset_{A(t)}$; on amortie donc sur une base restante.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CO} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Amortis sur une base restante, et à la limite déduit en totalité la première année si le revenu de la corporation intégrée le permet.

. DPCO: Allocation d'épuisement

$$DPCO = a_{CO}^{DP} \; [P.Q - C - DCO - DV - MT]$$

On déduit une fraction a_{CO}^{DP} du revenu net autrement imposable.

. MT: Taxes minières déductibles

3.1.1 Taux de 1960-66

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_{A}^{CO} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$*

$a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $u_{0}^{C} = 11\%$

3.1.2 Taux de 1967-70

Identiques à 3.1.1 sauf $u_{0}^{C} = 12\%$.

3.2 Structure de 1971-73

$$COT = u_{0}^{C}\ [P.Q - C - DCO - DV - DPCO - MT] - ICCO$$

. DCO: Allocation d'amortissement

$$DCO = \alpha_{A}^{CO} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CO} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. DPCO: Allocation d'épuisement

$$DPCO = a_{CO}^{DP} [P.Q - C - DCO - DV - MT]$$

Déduction d'une fraction du revenu net

. MT: Taxes minières déductibles

. ICCO: Crédit d'impôt à l'investissement

$$ICCO = a_{CO}^{TC} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Le crédit d'impôt est une fraction du coût en capital des actifs dépréciables soustrait du montant de taxes autrement payables. La fraction soustraite n'est pas déduite du solde non-déprécié pour fin de l'allocation d'amortissement.

3.2.1 Taux de 1971

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha_A^{CO} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{CO} = 100\%*$

$a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $a_{CO}^{TC} = 5\%$

$u_0^C = 12\%$

3.2.2 Taux de 1972

Congé fiscal aux nouvelles mines: deux ans car tous les congés prennent fin à la fin de l'année 1973.

α_{A}^{CO}: 30% minimum; classe 28 comportant un amortissement accéléré par lequel on peut déduire le solde non-déprécié jusqu'à concurrence du revenu de la mine. (Identique à l'application fédérale).

$\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$*

$a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$ $\qquad$ $a_{CO}^{TC} = 5\%$

$u_{O}^{C} = 12\%$

3.2.3 Taux de 1973

Congé fiscal aux nouvelles mines: un an, puisque tous les congés se terminent à la fin de l'année 1973.

$\alpha_{A}^{CO} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$* $\qquad$ $a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$

$a_{CO}^{TC} = 5\%$ $\qquad$ $u_{O}^{C} = 12\%$

3.3 Structure de 1974-80

$$COT = u_0^C \ [P.Q - C - DCO - DV - DPCO]$$

. DCO: Allocation d'amortissement

$$DCO = \alpha_A^{CO} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

Classe 28 (amortissement accéléré)

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{CO} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. DPCO: Allocation d'épuisement

$$DPCO = a_{CO}^{DP} \ [P.Q - C - DCO - DV]$$

. MT: Les taxes minières ne sont plus déductibles du revenu imposable.

3.3.1 Taux de 1974-77

Les congés fiscaux aux nouvelles mines sont abolis.

$\alpha_{A}^{CO} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$* $a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$

$u_{O}^{C} = 12\%$

3.3.2 Taux de 1978

$\alpha_{A}^{CO} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$* $a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$

$u_{O}^{C} = 13\%$

3.3.3 Taux de 1978-80

$\alpha_{A}^{CO} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CO} = 100\%$* $a_{CO}^{DP} = 33\ 1/3\%$

$u_{O}^{C} =$

taux nominal	:	14%
moins: réduction corporations minières	:	1%
Taux applicable	:	13%

4 - Impôt sur le revenu des corporations de la Colombie-Britannique

4.1 Structure de 1960-73[3]

$$CBCT = u^{C}_{BC}\ [P.Q - C - DCBC - DV - DPCBC - MT]$$

. DCBC: Allocation d'amortissement du coût en capital des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie)

$$DCBC = \alpha^{CBC}_{A} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

où le taux α^{CBC}_{A} s'applique sur le solde résiduel $\emptyset_{A(t)}$.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha^{CBC}_{DV}\ \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux α^{CBC}_{DV} s'applique sur le solde résiduel; à la limite $\alpha^{CBC}_{DV} = 100\%$, i.e. DV peut être entièrement déduit la première année si le revenu total de la corporation intégrée le permet.

---

3 En vertu d'une entente avec le gouvernement fédéral (le 'Rental Tax Agreement'), l'impôt a été administré par le fédéral durant les années 1960-61.

. DPCBC: Allocation d'épuisement

$$DPCBC = a^{DP}_{CBC}\ [P.Q - C - DCBC - DV - MT]$$

On déduit une fraction du revenu autrement imposable.

. MT: Les taxes minières sont déductibles

4.1.1 Taux de 1960-66

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

$\alpha^{CBC}_{A} = 30\%$ $\alpha^{CBC}_{DV} = 100\%$*

$a^{DP}_{CBC} = 33\ 1/3\%$ $u^{C}_{BC} = 9\%$

4.1.2 Taux de 1967-71

Identiques à 4.1.1 sauf $u^{C}_{BC} = 10\%$

4.1.3 Taux de 1972

Congé fiscal aux nouvelles mines: deux ans, car tous les congés prennent fin au terme de l'année 1973.

α_{A}^{CBC} = 30% minimum; classe 28 comportant un amortissement accéléré, permettant de déduire le solde non-déprécié jusqu'à concurrence du revenu <u>de la mine</u> (identique à l'application fédérale).

α_{DV}^{CBC} = 100%*

a_{CBC}^{DP} = 33 1/3% u_{BC}^{C} = 10%

4.1.4 Taux de 1973

Congé fiscal aux nouvelles mines: un an, car tous les congés se terminent à la fin de l'année 1973.

α_{A}^{CBC} = 30% minimum, jusqu'à 100%

α_{DV}^{CBC} = 100%*

a_{CBC}^{DP} = 33 1/3% u_{BC}^{C} = 12%

4.2 Structure de 1974-75

$$CBCT = u_{BC}^{C}\ [P.Q - C - DCBC - EDBC - MRA]$$

. DCBC: Allocation d'amortissement des actifs dépréciables et des frais de développement.

$$DCBC = \alpha_{A}^{CBC} \cdot \phi_{A(t)} + \alpha_{DV}^{CBC} \cdot \phi_{DV(t)}$$

α_{A}^{CBC} : Classe 28, sur le solde résiduel

α_{DV}^{CBC} : sur le solde résiduel

. EDCBC: Allocation d'épuisement gagnée

$$EDCBC = a_{CBC}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction du coût en capital total, et ce entièrement dès la première année si le revenu de la corporation intégrée est suffisant.

. MRA: Les royautés payées en vertu du 'Mineral Royalties Act' sont déductibles pour fin de calcul du revenu imposable de l'impôt des corporations.[4]

4.2.1 Taux de 1974

Les congés fiscaux aux nouvelles mines sont abolis.

$\alpha_{A}^{CBC} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CBC} = 30\%$ $a_{CBC}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$u_{BC}^{C} = 12\%$

---

4 L'inclusion de cette déduction relève de l'interprétation d'une clause de la loi qui est en fait beaucoup plus complexe.

4.2.2 Taux de 1975

$\alpha_A^{CBC} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CBC} = 30\%$ $a_{CBC}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$u_{BC}^{C} = 13\%$

4.3 Structure de 1976-80

$$CBCT = u_{BC}^{C}\ [P.Q - C - DCBC - EDCBC]$$

. DCBC: Allocation d'amortissement sur les actifs dépréciables et les frais de développement.

$$DCBC = \alpha_A^{CBC} \cdot \emptyset_{A(t)} + \alpha_{DV}^{CBC}\ \emptyset_{DV(t)}$$

α_A^{CBC}: Classe 28, sur le solde résiduel

α_{DV}^{CBC}: sur le solde résiduel

. EDCBC: Allocation d'épuisement gagnée

$$EDCBC = a_{CBC}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

(Identique à l'application fédérale)

4.3.1 Taux de 1976-77

$\alpha_{A}^{CBC} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CBC} = 30\%$ $a_{CBC}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$u_{BC}^{C} = 15\%$

4.3.2 Taux de 1978-80

$\alpha_{A}^{CBC} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{CBC} = 100\%$* $a_{CBC}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$u_{BC}^{C} = 15\%$

5 - Taxe minière du Québec

5.1 Structure de 1960-65

$$MTQ = s_Q^M \, [P.Q - C - DMQ - DV]$$

. DMQ: Allocation d'amortissement du coût en capital des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie). Strictement, constitue une allocation basée sur le coût probable des réparations, qui ne doit pas dépasser une fraction α_A^{MQ} du coût original des actifs.

$$DMQ = \alpha_A^{MQ} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite, par lequel on déduit une fraction constante α_A^{MQ} du coût original des actifs $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MQ} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel; la totalité des frais peut être déduit la première année, puisqu'on peut l'appliquer contre l'ensemble des revenus de la corporation intégrée. Cela sera possible si ces revenus sont suffisamment importants.

5.1.1 Taux de 1960-65

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_A^{MQ} = 15\%$ $a_{DV}^{MQ} = 100\%$*

s_Q^M:

4% sur la tranche de revenu entre $10,000 et $1,000,000

5% sur la tranche de revenu entre $1,000,000 et $2,000,000

6% sur la tranche de revenu entre $2,000,000 et $3,000,000

7% sur la tranche de revenu qui excède $3,000,000.

5.2 Structure de 1966-74

$$MTQ = s_M^Q \, [P.Q - C - DMQ - DV - PMQ]$$

. DMQ: Allocation d'amortissement du coût des actifs dépréciables

$$DMQ = \alpha_A^{MQ} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite; on déduit une fraction α_A^{MQ} du coût original $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MQ} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. PMQ: Allocation de traitement

$$PMQ = \alpha_{PA}^{MQ} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Allocation qui consiste en la déduction d'une fraction constante α_{PA}^{MQ} du coût original des actifs utilisés dans le traitement du minerai, une proportion x de la valeur des actifs dépréciables $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$. On amortie en ligne droite pendant $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années[5].

---

5 La limitation de la déduction à $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années est une contrainte que nous imposons, car elle n'est pas prévue dans la loi, ni pour aucune autre taxe minière au Canada accordant une telle déduction. Cette dernière est en fait disponible tant que la taxe minière s'applique, c'est-à-dire sur la durée de vie de la mine, même si elle équivaut, au-delà de $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années, à recouvrer plus de 100% du coût des actifs de traitement. Nous la limitons arbitrairement à $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années (ici, et dans le cas de toutes les autres taxes minières où elle est accordée) pour simplifier les calculs; en effet, dans l'éventualité où on l'admettrait pour toute la vie de la mine, la valeur présente de la totalité des déductions serait dépendante de cette durée de vie et le calcul de l'optimisation en serait inutilement compliqué. Notre simplification biaise peu les résultats, parce que la simplification est la même pour toutes les époques et les provinces, et parce qu'en valeur présente, les déductions au-delà de $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années sont plutôt négligeables si α_{PA}^{MQ} est petit (généralement, α_{PA}^{MQ} = 8%).

Rigoureusement, PMQ doit être une valeur correspondante à au moins 15% du revenu imposable, et au plus 65% du revenu imposable avant cette déduction. Nous faisons implicitement l'hypothèse que c'est le cas.

5.2.1 Taux de 1966-73

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MQ} = 15\%$ $\qquad\qquad$ $\alpha_{DV}^{MQ} = 100\%$*

$\alpha_{PA}^{MQ} = 8\%$

s_{Q}^{M}:

9% sur la tranche de revenu entre $50,000 et $1,050,000

11% sur la tranche de revenu entre $1,050,000 et $2,050,000

13% sur la tranche de revenu entre $2,050,000 et $4,050,000

15% sur la tranche de revenu qui excède $4,050,000

5.2.2 Taux de 1975

Identiques à 5.2.1 sauf:

s_Q^M:

13.5% sur la tranche de revenu entre $150,000 et $1,150,000

16.5% sur la tranche de revenu entre $1,150,000 et $2,150,000

19.5% sur la tranche de revenu entre $2,150,000 et $4,150,000

22.5% sur la tranche de revenu entre $4,150,000 et $10,150,000

30.0% sur la tranche de revenu qui excède $10,150,000

5.3 Structure de 1975-78

$$MTQ = s_Q^M \, [P.Q - C - DMQ - DV - PMQ - IMQ]$$

. DMQ: Allocation d'amortissement

$$DMQ = \alpha_A^{MQ} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite; on déduit une fraction α_A^{MQ} du coût original $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MQ} \cdot \phi_{DV(t)}$$

Le taux s'applique sur le solde résiduel

. PMQ: Allocation de traitement

$$DMQ = \alpha_{PA}^{MQ} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction α_{PA}^{MQ} du coût original des actifs de traitement $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, en ligne droite, pendant $(1/\alpha_{PA}^{MQ})$ années.

. IMQ: Allocation d'investissement

$$IMQ = a_{MQ}^{IA} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction a_{MQ}^{IA} de certaines dépenses admissibles; dans notre cas, seul $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, le coût des actifs de traitement, peut être considéré comme une dépense admissible. L'allocation fonctionne selon le même principe que l'allocation d'épuisement gagnée existant au niveau de plusieurs impôts sur le revenu des corporations; le montant alloué peut être déduit entièrement la première année si le revenu total de la corporation intégrée le permet; sinon, le solde est reporté à l'année suivante.

Strictement, on déduit le moindre de $a_{MQ}^{IA} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ ou 33 1/3% du revenu autrement imposable; on suppose que le premier est effectivement inférieur à un tiers du revenu.

5.3.1 Taux de 1975-78

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MQ} = 30\%$ $\qquad\qquad$ $\alpha_{DV}^{MQ} = 100\%$*

α_{PA}^{MQ}: deux taux:

8% si la mine ne se rend qu'au stage de la concentration, ou encore si le produit principal de la mine est l'or ou l'argent.

15% si la mine fait en plus la fonte et le raffinage du métal (sauf l'or et l'argent); le taux s'applique sur les actifs de concentration <u>et</u> de fonte et raffinage.

$a_{MQ}^{IA} = 33\ 1/3\%$

s_{Q}^{M}:

15% sur la tranche de revenu entre \$150,000 et \$3,150,000

20% sur la tranche de revenu entre \$3,150,000 et \$10,150,000

25% sur la tranche de revenu entre \$10,150,000 et \$20,150,000

30% sur la tranche de revenu qui excède \$20,150,000.

5.4 Structure de 1979-80

$$MTQ = s_Q^M \; [P.Q - C - DMQ - DV - PMQ - IMQ]$$

. DMQ: Allocation d'amortissement

$$\alpha_A^{MQ} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

En ligne droite, pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MQ} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Sur une base restante

. PMQ: Allocation de traitement

$$PMQ = \alpha_{PA}^{MQ} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

En ligne droite, pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années

. IMQ: Allocation d'investissement

$$IMQ = a_{MQ}^{IA} [x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1} + \gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1}]$$

La base de l'allocation est constituée de la somme du coût des actifs de traitement et des frais de développement; on déduit une fraction a_{MQ}^{IA} jusqu'à concurrence du revenu (et on reporte le solde à l'année suivante), et la base entière la première année si le revenu de la corporation intégrée le permet.

5.4.1 Taux de 1979-80

Identiques à 5.3.1 sauf:

s_Q^M:

15% sur la tranche de revenu entre $250,000 et $3,250,000

20% sur la tranche de revenu entre $3,250,000 et $10,250,000

25% sur la tranche de revenu entre $10,250,000 et $20,250,000

30% sur la tranche de revenu qui excède $20,250,000.

6 - Taxe minière de l'Ontario

6.1 Structure de 1960-68

$$MTO = s_0^M \; [P.Q - C - DMO - PMO]$$

. DMO: Allocation d'amortissement du coût en capital des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie).

$$DMO = \alpha_A^{MO} \; . \; \gamma_A \; . \; \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite, par lequel on déduit une fraction constante α_A^{MO} du coût original des actifs $\gamma_A \; . \; \vartheta_{T1}$, pendant $(1/\alpha_A^{MQ})$ années

. PMO: Allocation de traitement

$$PMO = \alpha_{PA}^{MO} \; . \; x \; . \; \gamma_A \; . \; \vartheta_{T1}$$

Allocation par laquelle on déduit une fraction constante α_{PA}^{MO} du coût original des actifs utilisés dans le traitement du minerai, une proportion x de la valeur totale des actifs dépréciables $\gamma_A \; . \; \vartheta_{T1}$; on amortie en ligne droite pendant $(1/\alpha_{PA}^{MO})$ années.

6.1.1 Taux de 1960-68

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_A^{MO} = 15\%$ $\qquad\qquad$ $\alpha_{PA}^{MO} = 8\%$[6]

s_O^M:

6% sur la tranche de revenu entre \$10,000 et \$1,000,000

11% sur la tranche de revenu entre \$1,000,000 et \$5,000,000

12% sur la tranche de revenu qui excède \$5,000,000

6.2 Structure de 1969-73

$$MTO = s_O^M \, [P.Q - C - DMO - DVA - PMO]$$

. DMO: Allocation d'amortissement

$$DMO = \alpha_A^{MO} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

---

6 En fait, ce taux ne figure dans aucun texte de loi ou de règlement, parce que la détermination du taux était laissée à la discrétion d'un estimateur; on le suppose à 8%.

Amortissement en ligne droite; on déduit une fraction α_A^{MO} du coût original $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ pendant $(1/\alpha_A^{MO})$ années.

. DVA: Allocation d'amortissement des frais de développement

$$DVA = \alpha_{DV}^{MO} \cdot \gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$$

Si la corporation traite son minerai jusqu'au stage de la fonte, l'allocation accorde une fraction constante α_{DV}^{MO} du coût du développement $\gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$; on amortie en ligne droite pendant $(1/\alpha_{DV}^{MO})$ années.

. PMO: Allocation de traitement

$$PMO = \alpha_{PA}^{MO} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction α_{PA}^{MO} du coût original des actifs de traitement $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, en ligne droite, pendant $(1/\alpha_{PA}^{MO})$ années.

6.2.1 Taux de 1969-73

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_A^{MO} = 15\%$ $\qquad\qquad$ $\alpha_{DV}^{MO} = 10\%$

α_{PA}^{MO}:

8% si le minerai est concentré

16% si le minerai est fondu

20% si le minerai est raffiné

$s_0^M \sim u_0^M = 15\%$

6.3 Structure de 1974-80

$$MTO = s_0^M \, [P.Q - C - DMO - DVA - PMO]$$

. DMO: Allocation d'amortissement

$$DMO = \alpha_{AM}^{MO} \, (1 - x) \, \gamma_A \cdot \vartheta_{T1} + \alpha_{AP}^{MO} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On fait ici la distinction entre les actifs de traitement (AP) et les actifs utilisés dans l'extraction (AM), parce que les taux d'amortissement accordés à chacune de ces classes sont différents, i.e. $\alpha_{AM}^{MO} \neq \alpha_{AP}^{MO}$. Pour chacun, on déduit une fraction (α_{AM}^{MO} ou α_{AP}^{MO}) du coût original de l'actif ($(1-x) \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ ou $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, où x est la proportion de $\gamma_A \vartheta_{T1}$ qui constitue les actifs de traitement), pendant ($1/\alpha_{AM}^{MO}$) ou ($1/\alpha_{AP}^{MO}$) années respectivement.

. DVA: Allocation d'amortissement des frais de développement

$$DVA = \alpha_{DV}^{MO} \cdot \phi_{DV(t)}$$

On amortie le coût sur une base restante, et au maximum jusqu'à concurrence du revenu de la mine; DVA peut donc être déduit entièrement la première année si le revenu de la mine est suffisant; sinon le solde non-déprécié est disponible l'année suivante.

. PMO: Allocation de traitement

$$PMO = \alpha_{PA}^{MO} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction α_{PA}^{MO} du coût original des actifs de traitement $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$ en ligne droite, pendant $(1/\alpha_{PA}^{MO})$ années.

6.3.1 Taux de 1974-77

Le calcul du revenu imposable se fait au niveau de la mine individuelle et non à l'échelle de la corporation intégrée

$\alpha_{AM}^{MO} = 30\%$ $\alpha_{AP}^{MO} = 15\%$

$\alpha_{DV}^{MO} = 15\%$ minimum *

α_{PA}^{MO}:

8% si le minerai est concentré

16% si le minerai est fondu

20% si le minerai est raffiné

30% si le minerai est raffiné dans la région désignée du Nord de l'Ontario

35% si le minerai fondu et raffiné est utilisé dans une étape ultérieure (fabrication) dans la région du Nord de l'Ontario.

s_0^M:

15% sur la tranche de revenu entre \$100,000 et \$1,000,000

20% sur la tranche de revenu entre \$1,000,000 et \$10,000,000

25% sur la tranche de revenu entre \$10,000,000 et \$20,000,000

30% sur la tranche de revenu entre \$20,000,000 et \$30,000,000

35% sur la tranche de revenu entre \$30,000,000 et \$40,000,000

40% sur la tranche de revenu qui excède \$40,000,000

6.3.2 Taux de 1978

Le calcul du revenu imposable se fait au niveau de la mine individuelle, et non à l'échelle de la corporation intégrée.

α_{AM}^{MO}: pour les nouvelles mines, un taux de 30% minimum; possibilité d'amortissement accéléré jusqu'à concurrence du revenu de la mine, jusqu'à ce que le coût soit complètement déduit (même principe d'application que la classe 28 au niveau fédéral).

$\alpha_{AP}^{MO} = 15\%$

α_{DV}^{MO} = jusqu'à 100%*

α_{PA}^{MO}: identiques à 6.3.1

s_{O}^{M}: indiques à 6.3.1

6.3.3 Taux de 1979-80

Le calcul du revenu imposable se fait au niveau de la mine individuelle, et non à l'échelle de la corporation intégrée.

α_{AM}^{MO} = 30% minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{AP}^{MO} = 15\%$

α_{DV}^{MO} = jusqu'à 100%*

α_{PA}^{MO}:

8% si le minerai est concentré

16% si le minerai est fondu

20% si le minerai est raffiné

25% si le minerai est raffiné dans la région du Nord de l'Ontario

30% si le minerai fondu et raffiné est utilisé dans une étape ultérieure (fabrication) dans la région du Nord de l'Ontario

s_{O}^{M}:

15% sur la tranche du revenu entre $250,000 et $1,000,000

20% sur la tranche de revenu entre $1,000,000 et $10,000,000

25% sur la tranche de revenu entre $10,000,000 et $20,000,000

30% sur la tranche de revenu qui excède $20,000,000.

7 - Taxes minières et royautés de la Colombie-Britannique

Trois législations différentes se sont appliquées en Colombie-Britannique, le plus souvent simultanément, i.e. de façon additive; nous les décrivons tour à tour.

7A Mining Tax Act

S'applique à notre mine de 1960 à 1975 inclusivement.

7A.1 Structure de 1960-67

$$MTA = u^{M}_{BC} \; [P.Q - C - DMTA - DV - PMTA]$$

. DMTA: Allocation d'amortissement du coût de capital des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie).

$$DMTA = \alpha^{MTA}_{A} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

Amortissement sur une base restante où on applique le taux α^{MTA}_{A} au solde non-déprécié $\emptyset_{A(t)}$; correspond au système en vigueur au même moment au niveau fédéral.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MTA} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Amortissement sur le solde résiduel; on déduit DV jusqu'à concurrence du revenu de la corporation, puisque ce coût est admissible immédiatement; si le revenu de la corporation intégrée est suffisant, DV peut entièrement être soustrait la première année; correspond au traitement réservé à DV au niveau fédéral.

. PMTA: Allocation de traitement

$$PMTA = \alpha_{PA}^{MTA} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction constante α_{PA}^{MTA} du coût original des actifs utilisés dans le traitement du minerai, une proportion x de la valeur totale des actifs dépréciables $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$; on amortie en ligne droite pendant $(1/\alpha_{PA}^{MTA})$ années.

Strictement, PMTA doit constituer plus de 15% et moins de 65% du revenu imposable avant PMTA, ce que nous supposons ici.

7A.1.1 Taux de 1960-67

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MTA} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{MTA} = 100\%$*

$\alpha_{PA}^{MTA} = 8\%$ $u_{BC}^{M} = 10\%$

7A.2 Structure de 1968-73

$$MTA = u_{BC}^{M} \; [P.Q - C - DMTA - DV - PMTA]$$

. DMTA: Allocation d'amortissement

$$DMTA = \alpha_{A}^{MTA} \; . \; \emptyset_{A(t)}$$

Sur le solde non-déprécié

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MTA} \; . \; \emptyset_{DV(t)}$$

Sur le solde non-déprécié

. PMTA: Allocation de traitement

$$PMTA = \alpha_{PA}^{MTA} \cdot \emptyset_{PA(t)}$$

On amortie sur une base restante, en appliquant le taux α_{PA}^{MTA} sur le solde non-déprécié du coût des actifs de traitement $\emptyset_{PA(t)}$ (où $\emptyset_{PA(T1)} = x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$).

Comme précédemment, PMTA doit représenter au moins 15% et au plus 65% du revenu autrement imposable[7].

7A.2.1 Taux de 1968-71

Le congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines est aboli.

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MTA} = 30\%$ $\alpha_{DV}^{MTA} = 100\%$*

$\alpha_{PA}^{MTA} = 8\%$ $u_{BC}^{M} = 15\%$

---

7 Évidemment, il arrivera un point où $PMTA = \alpha_{PA}^{MTA} \cdot \emptyset_{PA(t)}$ sera moins de 15% du revenu imposable puisque le solde $\emptyset_{PA(t)}$ diminue dans le temps avec les déductions cumulées. À cet instant on est sensé avoir PMTA = 15% du revenu autrement imposable, une situation que nous ne pouvons modeliser ici; nous passons donc outre à cette exigence.

7A.2.2 Taux de 1972-73

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

α_{A}^{MTA} = 30% minimum; classe 28 comportant un amortissement accéléré, par lequel on peut déduire le solde non-déprécié jusqu'à concurrence du revenu <u>de la mine</u>. (Identique à l'application fédérale).

α_{DV}^{MTA} = 100%*

α_{PA}^{MTA} = 8% $\qquad$ u_{BC}^{M} = 15%

7A.3 Structure de 1974-75

$$MTA = u_{BC}^{M}\ [P.Q - C - DMTA - DV - PMTA - MRA]$$

. DMTA: Allocation d'amortissement

$$DMTA = \alpha_{A}^{MTA} \cdot \phi_{A(t)}$$

Classe 28 pour les nouvelles mines avec amortissement accéléré jusqu'à concurrence du revenu <u>de la mine</u>.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MTA} \cdot \phi_{DV(t)}$$

Sur le solde non-déprécié

. PMTA: Allocation de traitement

$$PMTA = \alpha_{PA}^{MTA} \cdot \phi_{PA(t)}$$

Sur le solde non-déprécié

. MRA: Les royautés payées sous le 'Mineral Royalties Act' sont déductibles du revenu imposable calculé pour le MTA.

7A.3.1 Taux de 1974-75

Identiques à 7A.2.2

sauf $\alpha_{DV}^{MTA} = 30\%$

. . . . . .

À partir du 1er janvier 1976, le 'Mining Tax Act' ne s'applique plus aux mines de métaux non-ferreux. Le 'Mineral Resource Tax Act' le remplace à cette date.

7B Mineral Resource Tax Act

S'applique à notre mine à partir de 1976.

7B.1 Structure de 1976

$$MRT = u_{BC}^{R}\ [P.Q - C - DMRT - DV - EDMRT - PMRT] - CPN$$

. DMRT: Allocation d'amortissement

$$DMRT = \alpha_{A}^{MRT} \cdot \phi_{A(t)}$$

Amortissement sur une base restante; classe 28, avec amortissement accéléré jusqu'à concurrence du revenu de la mine.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MRT} \cdot \phi_{DV(t)}$$

Sur une base restante (identique à MTA).

. EDMRT: Allocation d'épuisement gagnée.

$$EDMRT = a_{MRT}^{ED} \cdot \vartheta_{T1}$$

Identique à l'application fédérale

. PMRT: Allocation de traitement

$$PMRT = \alpha_{PA}^{MRT} \cdot \emptyset_{PA(t)}$$

Amortissement sur une base restante; s'applique au coût des actifs de traitement. (Identique à MTA).

. CPN: Compensation pour réduire le fardeau fiscal amené par l'application du 'Mineral Royalties Act'.

On déduit de MRT le moindre de:

- un tiers de MRT
- le montant de royautés payable

On choisit arbitrairement la première alternative.

Donc CPN = (1/3) . MRT

7B.1.1 Taux de 1976

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MRT} = 30\%$ minimum, jusqu'à 100%

$\alpha_{DV}^{MRT} = 30\%$ $a_{MRT}^{ED} = 33\ 1/3\%$

$\alpha_{PA}^{MRT} = 8\%$ $u_{BC}^{R} = 17.5\%$

7B.2 Structure de 1977-80

$$MRT = u_{BC}^{R}\ [P.Q - C - DMRT - DV - EDMRT - PMRT]$$

La structure est identique à celle de 7B.1, sauf que CPN ne s'applique plus (MRA étant abrogé, CPN n'a plus sa raison d'être).

7B.2.1 Taux de 1977

Identiques à 7B.1.1

7B.2.2 Taux de 1978-80

Identiques à 7B.1.1 sauf

$\alpha_{DV}^{MRT} = 100\%$*

. . . . . .

7C Mineral Royalties Act

Le 'Mineral Royalties Act' a été en vigueur du 1^er^ janvier 1974 au 31 décembre 1976. Ces royautés étaient payables en plus de la taxe du 'Mining Tax Act' en 1974-75, et en plus de la taxe du 'Mineral Resource Tax Act' en 1977.

7C.1 Calcul de la royauté

7C.1.1 Description des variables

MRA: Montant total de royautés à payer

BR: Royauté de base

a_B: Taux nominal de la BR

SR: 'Super' Royauté

a_S: Taux nominal de la SR

P_m: Prix de marché du métal m

GV_m: Valeur brute de la production de métal m

AGV: Valeur brute de la production des M métaux

NV_m: Valeur nette de la production de métal m

ANV: Valeur nette de la production des M métaux

C^{SR}: Coûts de fonte et de raffinage

C^T: Coût de transport

BV_m: Valeur de base du métal m

NU_m: Production de métal m

ABV: Valeur de base d'une unité composite des M métaux.

7C.1.2 Formules

Donc, si

$$GV_m = P_m - C^{SR}$$

AGV: la valeur (brute) moyenne pondérée d'une unité de production de métal, i.e. la moyenne pondérée des GV_m.

$$NV_m = GV_m - C^T$$

ANV: la valeur (nette) moyenne pondérée d'une unité de production de métal, i.e. la moyenne pondérée des NV_m

ABV: la valeur de base pondérée d'une unité de production de métal, i.e. la moyenne pondérée des BV_m, chacune déterminée par le gouvernement

alors:

$$BR = a_B \cdot \sum_{m=1}^{m} NU_m \cdot NV_m \qquad (1)$$

$$SR = a_S \cdot \sum_{m=1}^{m} NU_m \cdot NV_m \qquad (2)$$

et $a_S = [1/2(AGV - 1.20\ (ABV))/ANV]$

BR est obtenue en multipliant le taux a_B (déterminé par le gouvernement) par la valeur de la production de l'année; cette dernière est la somme des produits obtenus en multipliant pour chaque métal la quantité produite par la valeur nette.

SR est obtenue de la même façon, sauf que a_S n'est pas déterminé par le gouvernement; il est endogène, et varie avec la valeur d'une unité de production.

Afin d'être compatibles avec notre modèle et notre notation, BR et SR doivent être exprimées sous une autre forme.

On sait que P est la valeur d'une tonne de minerai; Q est la production annuelle de minerai. Notre problème tient au fait qu'il ne nous est pas possible de calculer GV_m et NV_m, étant donné qu'on ne peut quantifier empiriquement des coûts précis tels C^{SR} (coûts de fonte et raffinage) ou C^T (coûts de transport); il faut donc faire des approximations.

P étant la valeur d'une tonne de minerai, la valeur brute au sens de AGV, i.e. après C^{SR} est inférieure à P. Posons arbitrairement:

$$GP = \theta^S \,.\, P$$

$$\text{où } 0 < \theta^S < 1$$

pour refléter le fait que GP représente la différence entre P et C^{SR} (les coûts de fonte et raffinage), i.e. la contrepartie de AGV dans notre notation.

De même:

$$NP = \theta^{ST} \,.\, P$$

$$\text{où } 0 < \theta^{ST} < \theta^S < 1$$

NP est la valeur d'une tonne de minerai nette des coûts de fonte et raffinage et des coûts de transport. C'est la contrepartie de ANV dans notre notation. La détermination de θ^S et θ^{ST} demeure une question empirique.

Finalement, appelons BP la valeur de base d'une tonne de minerai, i.e. la valeur que l'on obtient en appliquant les valeurs de base (BV_m) sur le volume en métal d'une tonne de minerai au lieu des prix de marché P_m.

Les formules (1) et (2) deviennent dans notre modèle:

$$BR = a_B \cdot Q \cdot NP \qquad (1)'$$

$$SR = a_S \cdot Q \cdot NP \qquad (2)'$$

où $a_S = 1/2(GP - 1.20 \cdot (BP))/NP$

7C.2 Taux de la royauté de base

$a_B = 2\ 1/2\%$ en 1974

$= 5\%$ en 1975-76

7C.3 Alternatives

(A) Si la corporation fait la fonte et le raffinage:

a_B est réduit de 1%

(B) 1 - Si $10\% < \frac{BP - GP}{GP} < 20\%$

a_B est réduit de .5% et MRA = BR

2 - Si $\frac{BP - GP}{GP} \geq 20\%$

a_B est réduit de 1% et MRA = BR

(C) Si $\frac{GP - BP}{BP} \geq 20\%$

alors MRA = BR + SR

7C.4 Dispositions pour les nouvelles mines

- La première année de production:

BP1 = 1.15 . BP s'applique en lieu et place de BP

- La seconde année de production:

BP2 = 1.10 . BP s'applique en lieu et place de BP

- La troisième année de production:

BP3 = 1.05 . BP s'applique en lieu et place de BP

. . . .

BR s'est appliquée jusqu'à la fin de l'année 1976.

SP s'est appliquée jusqu'au début de l'année 1976.

8 - Taxe minière des Territoires du Nord-Ouest

8.1 Structure de 1960

$$MTNW = s^{M}_{WT} \; [P.Q - C - DMWT - DV]$$

. DMWT: Allocation d'amortissement des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie).

$$DMWT = \alpha^{MWT}_{A} \cdot \gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite, où on déduit une fraction constante α^{MWT}_{A} du coût original des actifs $\gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$, pendant $(1/\alpha^{MWT}_{A})$ années.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha^{MWT}_{DV} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

Les frais de développement sont admissibles immédiatement comme déduction; on les soustrait de l'ensemble des revenus de la corporation intégrée, ce qui peut permettre leur déduction complète la première année; sinon, le solde est reporté l'année suivante.

8.1.1 Taux de 1960

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MWT} = 15\%$ $\alpha_{DV}^{MWT} = 100\%$*

s_{WT}^{M}:

3% sur la tranche de revenu entre \$10,000 et \$1,000,000

5% sur la tranche de revenu entre \$1,000,000 et \$5,000,000

6% sur la tranche de revenu entre \$5,000,000 et \$10,000,000

6% plus 1% sur chaque tranche additionnelle de revenu de \$5,000,000 qui excède \$10,000,000.

8.2 Structure de 1961

$$MTWT = s_{WT}^{M} [P.Q - C - DMWT - DV - PMWT]$$

. DMWT: Allocation d'amortissement

$$DMWT = \alpha_{A}^{MWT} \cdot \emptyset_{A(t)}$$

Amortissement sur une base restante; on applique le taux α_{A}^{MWT} au solde non-déprécié $\emptyset_{A(t)}$.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MWT} \cdot \phi_{DV(t)}$$

Les frais de développement encourus à T1 sont amortissables sur une base restante.

. PMWT: Allocation de traitement

$$PMWT = \alpha_{PA}^{MWT} \cdot x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

On déduit une fraction α_{PA}^{MWT} du coût original des actifs de traitement $x \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, en ligne droite, pendant $(1/\alpha_{PA}^{MWT})$ années.

8.2.1 Taux de 1961

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

Le calcul du revenu imposable se fait au niveau de la mine individuelle et non à l'échelle de la corporation intégrée.

$\alpha_A^{MWT} = 15\%$ $\alpha_{DV}^{MWT} = 15\%$

$\alpha_{PA}^{MWT} = 8\%$

s_{WT}^{M}: même échelle qu'en 8.1.1 mais jusqu'à un plafond de 12%.

8.3 Structure de 1962-80

$$MTWT = s_{WT}^{M} \; [P.Q - C - DMWT - DV - PMWT]$$

. DMWT: Allocation d'amortissement

$$DMWT = \alpha_{A}^{MWT} \cdot \gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite, par lequel on déduit une fraction constante α_{A}^{MWT} du coût original des actifs $\gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$, pendant $(1/\alpha_{A}^{MWT})$ années.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MWT} \cdot \gamma_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite, par lequel on déduit une fraction constante α_{DV}^{MWT} du coût du développement $\alpha_{DV} \cdot \vartheta_{T1}$ pendant $(1/\alpha_{DV}^{MWT})$ années.

. PMWT: Allocation de traitement

$$PMWT = \alpha_{PA}^{MWT} \cdot x \cdot \gamma_{A} \cdot \vartheta_{T1}$$

Déduit en ligne droite

8.3.1 Taux de 1962-80

Congé fiscal de trois ans aux nouvelles mines.

Le calcul du revenu imposable se fait au niveau de la mine individuelle.

$\alpha_{A}^{MWT} = 15\%$ $\alpha_{DV}^{MWT} = 15\%$

$\alpha_{PA}^{MWT} = 8\%$

s_{WT}^{M}: même échelle qu'en 8.1.1, mais jusqu'à un plafond de 12%.

9 - Taxe minière du Yukon

9.1 Structure de 1960-80

$$MTY = s_Y^M\ [P.Q - C - DMY - DV]$$

. DMY: Allocation d'amortissement des actifs dépréciables (structures et équipement-machinerie).

$$DMY = \alpha_A^{MY} \cdot \gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$$

Amortissement en ligne droite où on déduit une fraction constante α_A^{MY} du coût original des actifs $\gamma_A \cdot \vartheta_{T1}$, pendant $(1/\alpha_A^{MY})$ années.

. DV: Frais de développement

$$DV = \alpha_{DV}^{MY} \cdot \emptyset_{DV(t)}$$

On amortie sur une base restante; puisque DV est déductible immédiatement contre l'ensemble des revenus de la corporation intégrée, ces frais peuvent être soustraits entièrement la première année; le solde non-déprécié est reportable l'année suivante.

9.1.1 Taux de 1960-80

La corporation doit agréger le revenu de l'ensemble de ses mines pour fin de calcul du revenu imposable.

$\alpha_{A}^{MY} = 15\%$ $\qquad$ $\alpha_{DV}^{MY} = 100\%$*

s_{Y}^{M}:

3% sur la tranche de revenu entre $10,000 et $1,000,000

5% sur la tranche de revenu entre $1,000,000 et $5,000,000

6% sur la tranche de revenu entre $5,000,000 et $10,000,000

6% plus 1% sur chaque tranche additionnelle de revenu de $5,000,000 qui excède $10,000,000.

. . . .

Ici se termine la description du système de taxation canadien tel qu'appliqué aux firmes minières. La section suivante reprend chacun de ces systèmes, les intègre dans notre modèle de la mine, puis on y dérive les conditions de premier ordre dans chaque cas.

Appendice G

PRIX IMPLICITES DU CAPITAL SOUS LES SYSTÈMES DE TAXATION CANADIENS

Dans cette section, nous utilisons le modèle de la mine pour dériver le prix implicite du capital sous chacun des régimes de taxation canadiens en vigueur dans chaque province de 1960 à 1980. La résolution du problème d'optimisation, i.e. le calcul de la condition de premier ordre de maximisation de la valeur nette actualisée, utilise la technique préconisée à la section IV. Par conséquent, nous n'exposerons pas à chaque fois le détail de tous les calculs, sauf lorsque cela s'avère nécessaire. Précisons que par système de taxation, nous entendons un système complet, i.e. la somme de l'impôt des corporations de la province considérée et du niveau fédéral, et la taxe minière provinciale. Les nouvelles variables qu'il est nécessaire d'introduire sont définies au fur et à mesure. Les numéros de la section précédente sont utilisés pour désigner les équations de taxes utilisées. Le lecteur est invité à se rapporter à cette section pour connaître la valeur des paramètres inclus dans chaque expression du prix implicite du capital.

1 — QUEBEC

Q.1 Structure de 1960

$$TX = CFT + CQT + MTQ$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - DV - DPCF - MT \right]$$

et congé fiscal (1.1)

$$CQT = \mu_Q^c \left[P \cdot Q - C - DCQ - DV - DPCQ - MT \right]$$

et congé fiscal (2.1)

$$MTQ = \Delta_Q^M \left[P \cdot Q - C - DMQ - DV \right] \quad (5.1)$$

Donc

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - MTQ \right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - CFT - CQT - MTQ \right] dt$$

$$- q(T1) \cdot K(T1)$$

Si $\quad \bar{Z} = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-(r+\alpha)t} \alpha \, dt$

$\bar{D} = \theta \cdot \bar{Z}$

où θ est un stock quelconque de capital

et

$\underline{Z} = \int_{T_1+3}^{\infty} e^{-(r+\alpha)t} \cdot \alpha \, dt$

$\underline{D} = \theta \cdot \underline{Z}$

$Z^1 = \int_{T_1+3}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-3)} \alpha \cdot dt$

$D^1 = \theta \cdot Z^1$

$s\bar{Z} = \int_{T_1}^{T_1+3} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$

$s\bar{D} = \theta \cdot s\bar{Z}$

$s\underline{Z} = \int_{T_1+3}^{1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$

$s\underline{D} = \theta \cdot s\underline{Z}$

alors,

$$V = \left(\frac{1 - e^{-r(T_1+3)}}{r}\right)\left[(1-\Delta_Q^M)(P\cdot f(\cdot) - c)\right] + \Delta_Q^M\left(s\bar{D}_A^{MQ} + \bar{D}_{DV}^{MQ}\right)$$

$$+\left(\frac{e^{-r(T_1+3)} - e^{-rT_4}}{r}\right)\left[(1-\mu_Q^1)(P\cdot f(\cdot) - c)\right] + \mu_F^c(1-a_{CF}^{DP})\left(D_A^{1CF} + D_{DV}^{1CF}\right)$$

$$+\mu_Q^c(1-a_{CQ}^{DP})\left(sD_A^{1CQ} + D_{DV}^{1CQ}\right) + \Delta_Q^M\left(1 - \mu_F^c(1-a_{CF}^{DP}) - \mu_Q^c(1-a_{CQ}^{DP})\right)\cdot$$

$$\cdot\left(s\underline{D}_A^{MQ} + \underline{D}_{DV}^{MQ}\right) - q^{(T_1)}\cdot K_{(T_1)}$$

où $\mu_Q^1 = \mu_F^c(1-a_{CF}^{DP})(1-\Delta_Q^M) + \mu_Q^c(1-a_{CQ}^{DP})(1-\Delta_Q^M) + \Delta_Q^M$

Après la condition de premier ordre, on obtient, en remaniant, le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r \Big[1 - s_Q^M \left(\gamma_A \cdot s\bar{Z}_A^{MQ} + \gamma_{DU} \cdot \bar{Z}_{DU}^{MQ} \right) - \mu_F^c \left(1 - a_{CF}^{DP}\right)\left(\gamma_A \cdot Z_A^{1CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{1CF} \right) - \mu_Q^c \left(1 - a_{CQ}^{DP}\right)\left(\gamma_A \cdot sZ_A^{1CQ} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{1CQ} \right) - s_Q^M \left(1 - \mu_Q^2\right)\left(\gamma_A \cdot s\underline{Z}_A^{MQ} + \gamma_{DU} \cdot \underline{Z}_{DU}^{MQ} \right) \Big]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+3)}\right)\left(1 - s_Q^M\right) + \left(e^{-r(T1+3)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_Q^1\right) \right] \left(P - C_Q \right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T* \left[\left(1 - \mu_Q^1\right)\left(P - \frac{C}{Q} \right) \right]} \qquad (Q.1)$$

où $\mu_Q^2 = \mu_F^c \left(1 - a_{CF}^{DP}\right) + \mu_Q^c \left(1 - a_{CQ}^{DP}\right)$

Q.2 <u>Structure de 1961 - 65</u>

$TX = CFT + CQT + MTQ$

CFT : Idem (1.1)

CQT : $\mu_Q^c \left[P.Q - C - DCQ - DPCQ - MT \right]$

$+$ Congé fiscal (2.2)

MTQ : Idem (5.1)

On remarque que la structure de CFT et celle de CQT sont identiques ; pour simplifier, on regroupe donc les deux. On remplace les indices CF et CQ par FQ.

On a :

$$CFQ = \mu^{c}_{FQ}\left[PQ - C - DCFQ - DPCFQ - MT\right]$$

+ Congé fiscal

où $\mu^{c}_{FQ} = \mu^{c}_{F} + \mu^{c}_{Q}$

$$a^{DP}_{FQ} = a^{DP}_{CF} = a^{DP}_{CQ}$$

$$\alpha^{FQ}_{A} = \alpha^{CF}_{A} = \alpha^{CQ}_{A}$$

$$\alpha^{FQ}_{DV} = \alpha^{CF}_{DV} = \alpha^{CQ}_{DV}$$

On obtient la solution suivante :

$$f_K = \frac{g(T_1)\cdot r \Big[1 - \Delta^{M}_{Q}\left(\gamma_A \cdot s\bar{Z}^{MQ}_{A} + \gamma_{DV}\cdot \bar{Z}^{MQ}_{DV}\right) - \mu^{c}_{FQ}\left(1 - a^{DP}_{FQ}\right)\cdot \left(\gamma_A \cdot Z1^{FQ}_{A} + \gamma_{DV}\cdot Z1^{FQ}_{DV}\right) - \Delta^{M}_{Q}\left(1 - \mu^{2}_{Q}\right)\left(\gamma_A \cdot s\underline{Z}^{MQ}_{A} + \gamma_{DV}\cdot \underline{Z}^{MQ}_{DV}\right)\Big]}{\left[\left(1 - e^{-r(T_1+3)}\right)\left(1-\Delta^{M}_{Q}\right) + \left(e^{-r(T_1+3)} - e^{-rT^*}\right)\left(1-\mu^{2}_{Q}\right)\right]\left(P - C_Q\right) - r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\left[\left(1-\mu^{1}_{Q}\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \quad (Q.2)$$

Q.3 <u>Structure de 1966-71</u>

$$TX = CFT + CQT + MTQ$$

CFT : Idem (1.1)

CQT : Idem (2.2)

MTQ : $\Delta^{m}_{Q}\left[P\cdot Q - C - DMQ - DV - PMQ\right]$ (5.2)

La valeur présente nette s'écrit toujours :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - MTQ\right] dt$$
$$+ \int_{T1+3}^{T*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - CQT - MTQ\right] dt$$
$$- q(T1) \cdot K(T1)$$

et le prix implicite du capital dérivé est :

$$f_K = \frac{q(T1) \cdot r\left[1 - \Delta_Q^M\left(\gamma_A \cdot s\bar{Z}_A^{MQ} + \gamma_{DU} \cdot \bar{Z}_{DU}^{MQ} + x \cdot \gamma_A \cdot s\bar{Z}_{PA}^{MQ}\right) - \mu_F^c\left(1 - \alpha_{FQ}^{DP}\right) \cdot \left(\gamma_A \cdot Z1_A^{FQ} + \gamma_{DU} \cdot Z1_{DU}^{FQ}\right) - \Delta_Q^M\left(1 - \mu_Q^2\right)\left(\gamma_A \cdot s\underline{Z}_A^{MQ} + \gamma_{DU} \underline{Z}_{DU}^{MQ} + x \cdot \gamma_A \cdot s\underline{Z}_{PA}^{MQ}\right)\right]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+3)}\right)\left(1 - \Delta_Q^M\right) + \left(e^{-r(T1+3)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_Q^1\right)\right]\left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T*\left[\left(1 - \mu_Q^1\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (Q.3)$$

6

Q.4 <u>Structure de 1972</u>

$TX = CFT + CQT + MTQ$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans (1.2)

CQT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans (2.2)

MTQ : Idem (5.2)

La valeur présente nette est :

$$V = \int_{T1}^{T1+2} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - MTQ\right] dt$$

$$+ \int_{T1+2}^{T*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - CQT - MTQ\right] dt$$

$$- q(T1) \cdot K(T1)$$

Posons :

$$Z^2 = \int_{T_1+2}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-2)} \cdot \alpha \, dt$$

$$D^2 = \theta \cdot Z^2$$

$$\bar{Z}^8 = \int_{T_1}^{T_1+2} e^{-(r+\alpha)t} \cdot \alpha \, dt$$

$$\bar{D}^8 = \theta \cdot \bar{Z}^8$$

$$\underline{Z}^8 = \int_{T_1+2}^{\infty} e^{-(r+\alpha)t} \cdot \alpha \, dt$$

$$\underline{D}^8 = \theta \cdot \underline{Z}^8$$

$$s\bar{Z}^8 = \int_{T_1}^{T_1+2} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

$$s\bar{D}^8 = \theta \cdot s\bar{Z}^8$$

$$s\underline{Z}^8 = \int_{T_1+2}^{1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

$$s\underline{D}^8 = \theta \cdot s\underline{Z}^8$$

Alors, la solution s'exprime :

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r \Big[1 - \Delta_Q^M \left(\gamma_A \cdot s\bar{Z}_A^{8MQ} + \gamma_{DV} \cdot \bar{Z}_{DV}^{8MQ} + x \cdot \gamma_A \cdot s\bar{Z}_{PA}^{8MQ} \right) - \mu_{FQ}^c \left(1 - a_{FQ}^{DP}\right) \cdot \left(\gamma_A \cdot Z_A^{2FQ} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{2FQ} \right) - \Delta_Q^M \left(1 - \mu_Q^2\right) \left(\gamma_A \cdot s\underline{\underline{Z}}_A^{8MQ} + \gamma_{DV} \cdot \underline{\underline{Z}}_{DV}^{8MQ} + x \cdot \gamma_A \cdot s\underline{\underline{Z}}_{PA}^{8MQ} \right) \Big]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+2)}\right)\left(1 - \Delta_Q^M\right) + \left(e^{-r(T1+2)} - e^{-rT^*} \right)\left(1 - \mu_Q^1\right) \right] \left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu_Q^1\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right) \right]} \qquad (Q.4)$$

Q.5 <u>Structure de 1973</u>

$TX = CFT + CQT + MTQ$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est d'un an. (1.2)

CQT : Idem, sauf le congé fiscal qui est d'un an (2.2)

MTQ : Idem (5.2)

On définit :

$$Z^3 = \int_{T1+1}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-1)} \alpha \, dt$$

$$D^3 = \theta \cdot Z^3$$

$$\overline{Z}^9 = \int_{T1}^{T1+1} e^{-(r+\alpha)t} \alpha \, dt$$

$$\overline{D}^9 = \theta \cdot \overline{Z}^9$$

$$\underline{Z}^9 = \int_{T1+1}^{\infty} e^{-(r+\alpha)} \alpha \, dt$$

$$\underline{D}^9 = \theta \cdot \underline{Z}^9$$

$$s\overline{Z}^9 = \int_{T1}^{T1+1} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

$$s\overline{D}^9 = \theta \cdot s\overline{Z}^9$$

$$s\underline{Z}^9 = \int_{T1+1}^{1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

$$s\underline{D}^9 = \theta \cdot s\underline{Z}^9$$

La valeur de la ferme est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+1} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - c - MTQ\right]dt$$

$$+ \int_{T_1+1}^{T^*} e^{-rt}\left[P\, f(\cdot) - c - CFT - CQT - MTQ\right]dt$$

$$- g^{(T_1)}\cdot K_{(T_1)}$$

et on obtient :

$$f_K = \frac{g^{(T_1)}\cdot r\left[1 - \Delta_Q^M\left(\gamma_A\cdot s\bar{Z}_A^{qMQ} + \gamma_{DV}\cdot\bar{Z}_{DV}^{qMQ} + x\cdot\gamma_A\cdot s\bar{Z}_{PA}^{qMQ}\right) - \mu_F^c\left(1 - a_{FQ}^{DP}\right)\cdot\left(\gamma_A\cdot Z_A^{3FQ} + \gamma_{DV} Z_{DV}^{3FQ}\right) - \Delta_Q^M\left(1-\mu_Q^2\right)\left(\gamma_A\cdot s\underline{\underline{Z}}_A^{qMQ} + \gamma_{DV}\cdot\underline{\underline{Z}}_{DV}^{qMQ} + x\cdot\gamma_A\cdot s\underline{\underline{Z}}_{PA}^{qMQ}\right)\right]}{\left[\left(1-e^{-r(T_1+1)}\right)\left(1-\Delta_Q^M\right) + \left(e^{-r(T_1+1)} - e^{-rT^*}\right)\left(1-\mu_Q^1\right)\right]\left(P - C_Q\right) - r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\left[\left(1-\mu_Q^1\right)\left(P - \frac{c}{Q}\right)\right]} \quad (Q.5)$$

Q.6

<u>Structure de 1974</u>

$$TX = CFT + CQT + MTQ$$

$$CFT = u_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF \right] \qquad (1.3)$$

$$CQT = u_Q^c \left[P \cdot Q - C - DCQ - DV - DPCQ - MT \right] \qquad (2.2)$$

$$MTQ = \text{Idem} \qquad (5.2)$$

Puisqu'il n'y a plus de congé fiscal aux deux niveaux de gouvernement, la valeur présente nette peut s'écrire :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - CQT - MTQ \right] dt$$

$$- \ q(T_1) \cdot K(T_1)$$

et le prix implicite du capital est :

$$\xi_K = \frac{q^{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c \left(\gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CF} + Z_{ED}^{CF} \right) - \mu_Q^c \left(1 - a_{cQ}^{DP}\right) \cdot \left(\gamma_A \cdot Z_A^{CQ} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CQ} \right) - \Delta_Q^M \left(1 - \mu_Q^c \left(1 - a_{cQ}^{DP}\right)\right) \left(\gamma_A \cdot SZ_A^{MQ} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{MQ} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{MQ} \right) \right]}{\left(1 - \mu_Q^3\right) \left[\left(1 - e^{-rT*}\right)\left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T* \left(P - \frac{C}{Q}\right) \right]} \qquad (Q.6)$$

où $\mu_Q^3 = \mu_F^c + \mu_Q^c \left(1 - a_{cQ}^{DP}\right)\left(1 - \Delta_Q^M\right) + \Delta_Q^M$

et

$$Z = \int_{T1}^{\infty} e^{-(r+\alpha) \cdot t} \cdot \alpha \, dt \quad ; \quad SZ = \int_{T1}^{1/\alpha} \alpha \cdot e^{-rt} \, dt$$

Q.7 <u>Structure de 1975</u>

$$TX = CFT + CQT + MTQ$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF \right] - ICCF \qquad (1.4)$$

$$CQT = \mu_Q^c \left[P \cdot Q - C - DCQ - DV - EDCQ \right] \qquad (2.3)$$

$$MTQ = \Delta_Q^m \left[P \cdot Q - C - DMQ - DV - PMQ - IMQ \right] \qquad (5.3)$$

La valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(t) - C - CFT - CQT - MTQ \right] dt$$

$$- g_{(T1)} \cdot K_{(T1)} - ICCF$$

Le prix implicite du capital qui en résulte est :

$$f_K = \frac{g_{(T1)} \cdot r \left[1 - a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_F^c \left((1 - a_{CF}^{TC}) \gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CF} + Z_{ED}^{CF} \right) - \mu_Q^c \left(\gamma_A \cdot Z_A^{CQ} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CQ} + Z_{ED}^{CQ} \right) - \Delta_Q^M \left(\gamma_A \cdot SZ_A^{MQ} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{MQ} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{MQ} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot Z_{IA}^{MQ} \right) \right]}{(1 - \mu_Q^4) \left[(1 - e^{-rT^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right]} \qquad (Q.7)$$

où $\mu_Q^4 = \mu_F^c + \mu_Q^c + \Delta_Q^M$

Q.8 <u>structure de 1976-78</u>

$$TX = CFT + CQT + MTQ$$

$$CFT = \mu_F^c\left[P.Q - C - DCF - EDCF - RACF\right] - ICCF \qquad (1.5)$$

$$CQT = \mu_Q^c\left[P.Q - C - DCQ - DV - EDCQ - RACQ\right] \qquad (2.4)$$

MTQ : Idem (5.3)

La valeur de la ferme est :

$$V = \int_{T1}^{T*} e^{-rt}\left[P.f(0) - C - CFT - CQT - MTQ\right]dt$$

$$- g_{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et on obtient :

$$f_K = \frac{g(T1)\cdot r\Big[1 - a^{TC}_{CF}\cdot\gamma_A - \mu^c_F(1-a^{RA}_{CF})(1-a^{TC}_{CF})\cdot\gamma_A\cdot Z^{CF}_A - \mu^c_F(\gamma_{DU}\cdot Z^{CF}_{DU} + Z^{CF}_{ED}) - \mu^c_Q(1-a^{RA}_{CQ})\cdot\gamma_A\cdot Z^{CQ}_A - \mu^c_Q(\gamma_{DU}\cdot Z^{CQ}_{DU} + Z^{CQ}_{ED}) - \Delta^m_Q(\gamma_A\cdot SZ^{MQ}_A + \gamma_{DU}\cdot Z^{MQ}_{DU} + x\cdot\gamma_A\cdot SZ^{MQ}_{PA} + x\cdot\gamma_A\cdot Z^{MQ}_{IA})\Big]}{(1-\mu^s_Q)\Big[(1-e^{-2T*})(P-C_Q) - r\cdot e^{-2T*}\cdot T*\left(P-\frac{C}{Q}\right)\Big]} \qquad (Q.8)$$

où $\mu^s_Q = \mu^c_F(1-a^{RA}_{CF}) + \mu^c_Q(1-a^{RA}_{CQ}) + \Delta^m_Q$

Q.9 <u>Structure de 1979</u>

$TX = CFT + CQT + MTQ$

CFT : Idem (1.5)

CQT : Idem (2.4)

MTQ : $\Delta^m_Q[P\cdot Q - C - DMQ - DV - PMQ - IMQ]$ (5.4)

La valeur de la firme est :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rT^*}\left[P \cdot f(0) - C - CFT - CQT - MTQ\right] dt - g^{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et le prix implicite du capital est :

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r \left[1 - a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_F^{c}(1 - a_{CF}^{RA})(1 - a_{CF}^{TC}) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \mu_F^{c}(\gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CF} + Z_{ED}^{CF}) + \mu_Q^{c}(1 - a_{CQ}^{RA}) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CQ} + \mu_Q^{c}(\gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CQ} + Z_{ED}^{CQ}) + \Delta_Q^{M}\left(\gamma_A \cdot SZ_A^{MQ} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{MQ} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot Z_{PA}^{MQ} + (\alpha \cdot \gamma_A + \gamma_{DU}) \cdot Z_{IA}^{MQ}\right)\right]}{(1 - \mu_Q^{S})\left[(1 - e^{-rT^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (a.9)$$

245

2 - ONTARIO

0.1 Structure de 1960 - 68

$$TX = CFT + COT + MTO$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - DV - DPCF - MT \right] \quad \text{et congé fiscal} \qquad (1.1)$$

$$COT = \mu_O^c \left[P \cdot Q - C - DCO - DV - DPCO - MT \right] \quad \text{et congé fiscal} \qquad (3.1)$$

$$MTO = \Delta_O^M \left[P \cdot Q - C - DMO - PMO \right] \qquad (6.1)$$

Les structures de CFT et celle de COT sont identiques; pour simplifier, on regroupe les deux, étant donné qu'ils ont des taux de dépréciation et d'allocation d'épuisement identiques. On remplace les indices CF et CO par FO ; donc :

$$CFO = \mu^{c}_{FO}\left[P \cdot Q - C - DCFO - DPCFO - MT \right] + \text{Congé fiscal}$$

où

$$\mu^{c}_{FO} = \mu^{c}_{F} + \mu^{c}_{O}$$

$$a^{DP}_{FO} = a^{DP}_{CF} = a^{DP}_{CO}$$

$$\alpha^{FO}_{A} = \alpha^{CF}_{A} = \alpha^{CO}_{A}$$

$$\alpha^{FO}_{DV} = \alpha^{CF}_{DV} = \alpha^{CO}_{DV}$$

La valeur présente nette de la mine est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(K,W,P) - C - MTO \right] dt + \int_{T_1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(K,W,P) - C - CFT - COT - MTO \right] dt - q_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)}$$

Après la condition de premier ordre, on obtient l'expression du prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g(T1) \cdot r \left[1 - \Delta_0^M \left(\gamma_A S\bar{Z}_A^{MO} + x \cdot \gamma_A \cdot S\bar{Z}_{PA}^{MO} \right) - \mu_{FO}^c \left(1 - a_{FO}^{DP} \right) \cdot \left(\gamma_A \cdot Z_A^{1FO} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{1FO} \right) - \Delta_0^M \left(1 - \mu_{FO}^c \left(1 - a_{FO}^{DP} \right) \right) \left(\gamma_A \cdot S\underline{Z}_A^{MO} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{MO} \right) \right]}{\left[\left(1 - e^{-r(T_1+3)} \right) \left(1 - \Delta_0^M \right) + \left(e^{-r(T_1+3)} - e^{-rT^*} \right) \left(1 - \mu_0^1 \right) \right] \left(P - C_Q \right) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu_0^1 \right) \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right]} \qquad (0.1)$$

où $\mu_0^1 = \mu_{FO}^c \left(1 - a_{FO}^{DP} \right) \left(1 - \Delta_0^M \right) + \Delta_0^M$

0.2 Structure de 1969-70

$$TX = CFT + COT + MTO$$

CFT : Idem (1.1)

COT : Idem (3.1)

$$MTO = \mu_0^M \left[P.Q - C - DMO - DVA - PMO \right] \quad (6.2)$$

La valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - C - MTO \right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - C - CFT - COT - MTO \right] dt$$

$$- g(T1) \cdot K(T1)$$

et le prix implicite du capital est :

$$f_K = \frac{\begin{aligned} g(T1)\cdot r\Big[1 - \mu_0^M\big(\gamma_A\cdot S\bar{Z}_A^{MO} + \gamma_{DV}\cdot S\bar{Z}_{DV}^{MO} + \alpha\cdot\gamma_A\cdot S\bar{Z}_{PA}^{MO}\big) \\ - \mu_{FO}^{c}\big(1 - a_{FO}^{DP}\big)\big(\gamma_A\cdot Z1_A^{FO} + \gamma_{DV}\cdot Z1_{DV}^{FO}\big) \\ + \mu_0^M\big(1 - \mu_{FO}^{c}(1 - a_{FO}^{DP})\big)\big(\gamma_A\cdot S\underline{Z}_A^{MO} + \gamma_{DV}\cdot S\underline{Z}_{DV}^{MO} + \alpha\cdot\gamma_A\cdot S\underline{Z}_{PA}^{MO}\big)\Big]\end{aligned}}{\Big[\big(1 - e^{-r(T1+3)}\big)\big(1 - \mu_0^M\big) + \big(e^{-r(T1+3)} - e^{-rT*}\big)\big(1 - \mu_0^2\big)\Big]\big(P - C_Q\big) - r\cdot e^{-rT*}\cdot T*\Big[\big(1 - \mu_0^2\big)\Big(P - \frac{C}{Q}\Big)\Big]} \qquad (0.2)$$

où $\mu_0^2 = \mu_{FO}^{c}\big(1 - a_{FO}^{DP}\big)\big(1 - \mu_0^M\big) + \mu_0^M$

0.3 Structure de 1971

$TX = CFT + COT + MTO$

CFT : Idem (1.1)

$$COT = \mu_0^c\big[P\cdot Q - C - DCO - DV - DPCO - MT\big] - ICCO \qquad (3.2)$$

MTO : Idem (6.2)

La valeur présente nette est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - MTO\right] dt$$

$$+ \int_{T_1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - COT - MTO\right] dt$$

$$- g(T1) \cdot K_{(T1)} + ICCO$$

et on obtient finalement :

$$f_K = \frac{\begin{aligned} g(T1) \cdot r \Big[1 - a^{TC}_{CO} \cdot \gamma_A - \mu^{M}_{0}\left(\gamma_A \, S\bar{Z}^{MO}_{A} + \gamma_{DU} \cdot S\bar{Z}^{MO}_{DU} + x \cdot \gamma_A \cdot S\bar{Z}^{MO}_{PA}\right) \\ - \mu^{C}_{FO}\left(1 - a^{DP}_{FO}\right)\left(\gamma_A \, Z^{1FO}_{A} + \gamma_{DU} \cdot Z^{1FO}_{DU}\right) \\ - \mu^{M}_{0}\left(1 - \mu^{C}_{FO}\left(1 - a^{DP}_{FO}\right)\right)\left(\gamma_A \cdot S\underline{Z}^{MO}_{A} + \gamma_{DU} \cdot S\underline{Z}^{MO}_{DU} + x \cdot \gamma_A \cdot S\underline{Z}^{MO}_{PA}\right) \Big] \end{aligned}}{\begin{aligned} \left[\left(1 - e^{-r(T_1+3)}\right)\left(1 - \mu^{M}_{0}\right) + \left(e^{-r(T_1+3)} - e^{-rT^*}\right)\left(1 - \mu^{2}_{0}\right)\right]\left(P - C_Q\right) \\ - r \cdot e^{-rT^*}\left[\left(1 - \mu^{2}_{0}\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right] \end{aligned}} \qquad (0.3)$$

0.4 Structure de 1972

$$TX = CFT + COT + MTO$$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans (1.2)

COT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans. (3.2)

MTO : Idem (6.2)

La valeur présente nette s'écrit :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+2} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - MTO\right] dt$$

$$+ \int_{T_1+2}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - COT - MTO\right] dt$$

$$- q_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)} + ICCO$$

et on obtient :

$$f_K = \frac{g(T1) \cdot r \left[1 - a_{CO}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_o^M \left(\gamma_A \cdot S\bar{Z}_A^{8MO} + \gamma_{DU} \cdot S\bar{Z}_{DU}^{8MO} + x \cdot \gamma_A \cdot S\bar{Z}_{PA}^{8MO} \right) - \mu_{FO}^c \left(1 - a_{FO}^{DP}\right)\left(\gamma_A \cdot Z_A^{2FO} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{2FO} \right) - \mu_o^M \left(1 - \mu_{FO}^c \left(1 - a_{FO}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A \cdot S\underline{\underline{Z}}_A^{8MO} + \gamma_{DU} \cdot S\underline{\underline{Z}}_{DU}^{8MO} + x \cdot \gamma_A \cdot S\underline{\underline{Z}}_{PA}^{8MO} \right) \right]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+2)}\right)\left(1 - \mu_o^M\right) + \left(e^{-r(T1+2)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_o^2\right) \right] \left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu_o^2\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right) \right]} \qquad (0.4)$$

0.5 Structure de 1973

TX = CFT + COT + MTO

CFT : Idem, sauf le congé fiscal, qui est d'un an
(1.2)

COT : Idem, sauf le congé fiscal, qui est d'un an
(3.2)

MTO : Idem (6.2)

La valeur nette actualisée :

$$V = \int_{T1}^{T1+1} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - C - MTO\right]dt$$

$$+ \int_{T1+1}^{T*} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - C - CFT - COT - MTO\right]dt$$

$$- g^{(T1)}\cdot K_{(T1)} + ICCO .$$

ce qui donne :

$$f_K = \frac{\begin{array}{l} g^{(T1)}\cdot r\Big[1 - a_{CO}^{TC}\cdot\gamma_A - \mu_0^M\left(\gamma_A\cdot S\bar{Z}_A^{9MO} + \gamma_{DU}\cdot S\bar{Z}_{DU}^{9MO} + x\cdot\gamma_A\cdot S\bar{Z}_{PA}^{9MO}\right) \\ \quad - \mu_{FO}^c\left(1 - a_{FO}^{DP}\right)\left(\gamma_A Z_A^{3FO} + \gamma_{DU}\cdot Z_{DU}^{3FO}\right) \\ \quad - \mu_0^M\left(1 - \mu_{FO}^c\left(1 - a_{FO}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot S\underline{Z}_A^{9MO} + \gamma_{DU}\cdot S\underline{Z}_{DU}^{9MO} + x\cdot\gamma_A\cdot S\underline{Z}_{PA}^{9MO}\right)\Big] \end{array}}{\begin{array}{c} \left[\left(1 - e^{-r(T1+1)}\right)\left(1 - \mu_0^M\right) + \left(e^{-r(T1+1)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_0^2\right)\right]\left(P - C_Q\right) \\ - r\cdot e^{-rT*}\cdot T*\left[\left(1 - \mu_0^2\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right] \end{array}} \qquad (0.5)$$

0.6 Structure de 1974

$$TX = CFT + COT - MTO$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P.Q - C - DCF - EDCF \right] \quad (1.3)$$

$$COT = \mu_0^c \left[P.Q - C - DCO - DV - DPCO \right] \quad (3.3)$$

$$MTO = \Delta_0^m \left[P.Q - C - DMO - DVA - PMO \right] \quad (6.3)$$

La valeur nette actualisée de la mine est :

$$V = \int_{T1}^{T*} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - C - CFT - COT - MTO \right] dt$$

$$- g_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Le prix implicite du capital s'exprime :

$$f_K = \frac{g(T_1)\cdot r\left[1-\mu_F^c\left(\gamma_A\cdot Z_A^{CF}+\gamma_{DU}\cdot Z_{DU}^{CF}+Z_{ED}^{CF}\right) - \mu_0^c\left(1-a_{CO}^{DP}\right)\left(\gamma_A\cdot Z_A^{CO}+\gamma_{DU}\cdot Z_{DU}^{CO}\right) - \Delta_0^M\left((1-x)\gamma_A\cdot SZ_{AM}^{MO}+x\cdot\gamma_A\cdot SZ_{AP}^{MO}+\gamma_{DU}\cdot Z_{DU}^{MO}+x\cdot\gamma_A\cdot SZ_{PA}^{MO}\right)\right]}{\left(1-\mu_0^3\right)\left[\left(1-e^{-rT^*}\right)\left(P-C_Q\right)-r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\left(P-\frac{C}{Q}\right)\right]} \quad (0.6)$$

où $\mu_0^3 = \mu_F^c + \mu_0^c\left(1-a_{CO}^{DP}\right) + \Delta_0^M$

0.7 <u>Structure de 1975</u>

$TX = CFT + COT + MTO$

$CFT = \mu_F^c\left[P.Q - C - DCF - EDCF\right] - ICCF$ (1.4)

COT : Idem (3.3)

MOT : Idem (6.3)

La valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt}\left[P\,f(\cdot) - C - CFT - COT - MTO\right]dt - q_{(T1)}\cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{q^{(T1)}\cdot r\left[1 - a^{TC}_{CF}\cdot\gamma_A + \mu^c_F\left((1-a^{TC}_{CF})\cdot\gamma_A Z^{CF}_A + \gamma_{DU}\cdot Z^{CF}_{DU} + Z^{CF}_{ED}\right) - \mu^c_o\left(1 - a^{DP}_{CO}\right)\left(\gamma_A\cdot Z^{CO}_A + \gamma_{DU}\cdot Z^{CO}_{DU}\right) - \Delta^M_o\left((1-x)\gamma_A\cdot SZ^{MO}_{AM} + x\cdot\gamma_A\cdot SZ^{MO}_{AP} + \gamma_{DU}\cdot Z^{MO}_{DU} + x\cdot\gamma_A\cdot SZ^{MO}_{PA}\right)\right]}{(1-\mu^3_o)\left[(1-e^{-rT^*})(P - C_Q) - r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (0.7)$$

257

0.8 Structure de 1976-77

$$TX = CFT + COT + MTO$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - c - DCF - EDCF - RACF \right] - ICCF \qquad (15)$$

COT : Idem (3.3)

MTO : Idem (6.3)

La valeur présente nette de la mine est :

$$V = \int_{T1}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - COT - MTO \right] dt$$

$$- q^{(T1)} \cdot K(T1) \quad + ICCF$$

et on obtient, en notant que :

$$\mu_0^4 = \mu_F^c \left(1 - a_{CF}^{RA}\right) + \mu_0^c \left(1 - a_{CO}^{DP}\right) + \Delta_0^M$$

$$f_K = \frac{g(T_1)\cdot r\Big[1 - a^{TC}_{CF}\cdot\gamma_A - \mu^c_F(1-a^{RA}_{CF})(1-a^{TC}_{CF})\cdot\gamma_A\cdot Z^{CF}_A - \mu^c_F(\gamma_{DU}\cdot Z^{CF}_{DU} + Z^{CF}_{ED}) + \mu^c_o(1-a^{DP}_{CO})(\gamma_A\cdot Z^{CO}_A + \gamma_{DU}\cdot Z^{CO}_{DU}) - \Delta^M_o\big((1-x)\gamma_A\cdot sZ^{MO}_{AM} + x\cdot\gamma_A\cdot sZ^{MO}_{AP} + \gamma_{DU} Z^{MO}_{DU} + x\cdot\gamma_A\cdot sZ^{MO}_{PA}\big)\Big]}{(1-\mu^4_o)\Big[(1-e^{-2T^*})(P - C_Q) - r\cdot e^{-2T^*}\cdot T^*\left(P - \frac{C}{Q}\right)\Big]} \qquad (0.8)$$

0.9 <u>Structure de 1978-80</u>

$TX = CFT + COT + MTO$

CFT : Idem (1.5)

COT : Idem (3.3)

$$MTO = \Delta^M_o\left[P\cdot Q - C - DMO - DVA - PMO\right] \qquad (6.3)$$

la valeur présente nette :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - COT - MTO\right] dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \Big[1 - a^{TC}_{CF} \cdot \gamma_A - \mu^c_F (1 - a^{RA}_{CF})(1 - a^{TC}_{CF}) \gamma_A \cdot Z^{CF}_A - \mu^c_F (\gamma_{DV} \cdot Z^{CF}_{DV} + Z^{CF}_{ED}) + \mu^c_0 (1 - a^{DP}_{CF})(\gamma_A \cdot Z^{CO}_A + \gamma_{DV} \cdot Z^{CO}_{DV}) - \Delta^M_0 \big((1-x)\gamma_A \cdot SZ^{MO}_{AM} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ^{MO}_{AP} + \gamma_{DV} \cdot Z^{MO}_{DV} + x \cdot \gamma_A SZ^{MO}_{PA} \big) \Big]}{(1 - \mu^y_0)\left[(1 - e^{-rT^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]}$$

(0.9)

3 COLOMBIE-BRITANIQUE

CB.1 <u>Structure de 1960-67</u>

$$TX = CFT + CBCT + MTA$$

$$CFT = u_F^c [P \cdot Q - C - DCF - DV - DPCF - MT]$$
et congé fiscal (1.1)

$$CBCT = u_{BC}^c [P \cdot Q - C - DCBC - DV - DPCBC - MT]$$
et congé fiscal (4.1)

$$MTA = u_{BC}^m [P \cdot Q - C - DMTA - DV - PMTA]$$
et congé fiscal (7A.1)

Les structures de CFT et celle de CBCT sont identiques; parce que les taux de dépréciation et d'allocation d'épuisement sont les mêmes, on simplifie en regroupant les deux. On remplace les indices CF et CBC par FBC; donc,

$$CFBC = \mu^{c}_{FBC}\left[P \cdot Q - c - DCFBC - DPCFBC - MT\right]$$

$$+ \text{Congé fiscal}$$

où

$$\mu^{c}_{FBC} = \mu^{c}_{F} + \mu^{c}_{BC}$$

$$a^{DP}_{FBC} = a^{DP}_{CF} = a^{DP}_{CBC}$$

$$\alpha^{FBC}_{A} = \alpha^{CF}_{A} = \alpha^{CBC}_{A}$$

$$\alpha^{FBC}_{DV} = \alpha^{CF}_{DV} = \alpha^{CBC}_{DV}$$

La valeur nette actualisée de la mine est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(K,W,P) - c\right] dt$$

$$+ \int_{T_1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(K,W,P) - c - CFT - CBCT - MTA\right] dt$$

$$- q_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)}$$

et le prix implicite du capital :

x

$$f_K = \frac{g(T1)\cdot r\Big[1-\mu^{c}_{FBC}\left(1-a^{DP}_{FBC}\right)\left(\gamma_A\cdot Z1^{FBC}_{A}+\gamma_{DV}\cdot Z1^{FBC}_{DV}\right) - \mu^{M}_{BC}\left(1-\mu^{c}_{FBC}\left(1-a^{DP}_{FBC}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot Z1^{MTA}_{A}+\gamma_{DV}\cdot Z1^{MTA}_{DV}+x\cdot\gamma_A\cdot SZ1^{MTA}_{PA}\right)\Big]}{\Big[\left(1-e^{-r(T_1+3)}\right)+\left(e^{-r(T_1+3)}-e^{-rT^*}\right)\left(1-\mu^{1}_{BC}\right)\Big](P-C_Q) - r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\Big[\left(1-\mu^{1}_{BC}\right)\left(P-\frac{C}{Q}\right)\Big]} \qquad (BC.1)$$

où $\mu^{1}_{BC} = \mu^{c}_{FBC}\left(1-a^{DP}_{FBC}\right)\left(1-\mu^{M}_{BC}\right)+\mu^{M}_{BC}$

BC.2 Structure de 1968-71

$TX = CFT + CBCT + MTA$

CFT : Idem (1.1)

CBCT : Idem (4.1)

$MTA = \mu^{M}_{BC}\left[P\cdot Q - C - DMTA - DV - PMTA\right]$ (7A.2)

et congé fiscal aboli.

La valeur présente nette est :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - C - MTA\right]dt + \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - C - CFT - CBCT - MTA\right]dt - g_{(T1)}\cdot K_{(T1)}$$

ce qui donne :

$$f_K = \frac{\begin{array}{l} g_{(T1)}\cdot r\Big[1-\mu^{M}_{BC}\left(\gamma_A\cdot\bar{Z}^{MTA}_{A}+\gamma_{DV}\cdot\bar{Z}^{MTA}_{DV}+\alpha\cdot\gamma_A\cdot\bar{Z}^{MTA}_{PA}\right) \\ -\mu^{c}_{FBC}\left(1-a^{DP}_{FBC}\right)\cdot\left(\gamma_A\cdot Z^{1\,FBC}_{A}+\gamma_{DV}\cdot Z^{1\,FBC}_{DV}\right)-\mu^{M}_{BC}\left(1-\mu^{c}_{FBC}\left(1-a^{DP}_{FBC}\right)\right)\cdot \\ \cdot\left(\gamma_A\cdot\underline{Z}^{MTA}_{A}+\gamma_{DV}\cdot\underline{Z}^{MTA}_{DV}+\alpha\cdot\gamma_A\cdot\underline{Z}^{MTA}_{PA}\right)\Big]\end{array}}{\begin{array}{l}\left[\left(1-e^{-r(T1+3)}\right)\left(1-\mu^{M}_{BC}\right)+\left(e^{-r(T1+3)}-e^{-rT^*}\right)\left(1-\mu^{1}_{BC}\right)\right]\left(P-C_Q\right) \\ -r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\cdot\left[\left(1-\mu^{1}_{BC}\right)\left(P-\frac{C}{Q}\right)\right]\end{array}} \qquad (BC.2)$$

BC. 3 **Structure de 1972**

$$TX = CFT + CBCT + MTA$$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans (1.2)

CBCT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans (4.1)

MTA : Idem (7A.2)

La valeur nette actualisée :

$$V = \int_{T1}^{T1+2} e^{-rt}[P \cdot f(\cdot) - c - MTA]\,dt$$

$$+ \int_{T1+2}^{T*} e^{-rt}[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - CBCT - MTA]\,dt$$

$$- q(T1) \cdot K(T1)$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{\begin{aligned} g(T1)\cdot r \Big[1 &- \mu_{BC}^{M}\left(\gamma_A \cdot \bar{Z}_{A}^{8MTA} + \gamma_{DV}\cdot \bar{Z}_{DV}^{8MTA} + \chi\cdot\gamma_A\cdot \bar{Z}_{PA}^{8MTA}\right) \\ &- \mu_{FBC}^{c}\left(1-a_{FBC}^{DP}\right)\left(\gamma_A Z_{A}^{2FBC} + \gamma_{DV}\cdot Z_{DV}^{2FBC}\right) \\ &- \mu_{BC}^{M}\left(1-\mu_{FBC}^{c}\left(1-a_{FBC}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot \underline{\underline{Z}}_{A}^{8MTA} + \gamma_{DV}\cdot \underline{\underline{Z}}_{DV}^{8MTA} + \chi\cdot\gamma_A\cdot \underline{\underline{Z}}_{PA}^{8MTA}\right)\Big] \end{aligned}}{\begin{aligned} &\left[\left(1-e^{-r(T1+2)}\right)\left(1-\mu_{BC}^{M}\right) + \left(e^{-r(T1+2)} - e^{-rT^*}\right)\left(1-\mu_{BC}^{1}\right)\right](P - C_Q) \\ &- r\cdot e^{-rT^*}\cdot T^*\left[\left(1-\mu_{BC}^{1}\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right] \end{aligned}} \qquad (BC,3)$$

BC.4

structure de 1973

$TX = CFT + CBCT + MTA$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est d'un an (1.2)

CBCT : Idem, sauf le congé fiscal qui est d'un an (4.1)

MTA : Idem (7A.2)

La valeur nette actualisée :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+1} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - MTA\right]dt$$

$$+ \int_{T_1+1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - CBCT - MTA\right]dt$$

$$- g_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)}$$

ce qui nous donne :

$$f_K = \frac{\begin{array}{l} g_{(T_1)} \cdot r \Big[1 - \mu^M_{BC}\left(\gamma_A \cdot \bar{Z}^{9MTA}_{A} + \gamma_{DV} \cdot \bar{Z}^{9MTA}_{DV} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot \bar{Z}^{9MTA}_{PA}\right) \\ \quad - \mu^c_{FBC}\left(1 - a^{DP}_{FBC}\right)\left(\gamma_A \cdot Z^{3FBC}_{A} + \gamma_{DV} \cdot Z^{3FBC}_{DV}\right) \\ \quad - \mu^M_{BC}\left(1 - \mu^c_{FBC}\left(1 - a^{DP}_{FBC}\right)\right)\left(\gamma_A \cdot \underline{Z}^{9MTA}_{A} + \gamma_{DV} \cdot \underline{Z}^{9MTA}_{DV} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot \underline{Z}^{9MTA}_{PA}\right) \Big] \end{array}}{\begin{array}{l} \left[\left(1 - e^{-r(T_1+1)}\right)\left(1 - \mu^M_{BC}\right) + \left(e^{-r(T_1+1)} - e^{-rT^*}\right)\left(1 - \mu^1_{BC}\right)\right]\left(P - C_Q\right) \\ \quad - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu^1_{BC}\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right] \end{array}} \qquad (BC.4)$$

BC.5 **Structure de 1974**

$$TX = CFT + CBCT + MTA + MRA$$

$$CFT = \mu_F^C \left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF \right] \qquad (1.3)$$

$$CBCT = \mu_{BC}^C \left[P \cdot Q - C - DCBC - EDCBC - MRA \right] \qquad (4.2)$$

$$MTA = \mu_{BC}^M \left[P \cdot Q - C - DMTA - DV - PMTA - MRA \right] \qquad (7A.3)$$

$$MRA = BR + SR$$

$$= a_B \cdot Q \cdot NP + a_S \cdot Q \cdot NP$$

$$MRA = (a_B + a_S) \cdot Q \cdot NP$$

où $a_S = \frac{1}{2}\left(GP - 1.20(BP) \right) / NP$ (7C.1)

Donc,

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - CBCT - MTA - MRA \right] dt$$

et on obtient comme prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g_{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu^c_{FBC} \left(\gamma_A \cdot Z^{FBC}_A + \gamma_{DV} \cdot Z^{FBC}_{DV} + Z^{FBC}_{ED} \right) - \mu^M_{BC} \left(\gamma_A \cdot Z^{MTA}_A + \gamma_{DV} \cdot Z^{MTA}_{DV} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot Z^{MTA}_{PA} \right) \right]}{(1 - \mu^2_{BC}) \left[(1 - e^{-rT^*})(P - c_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right] - (1 - \mu^3_{BC})(a_B + a_S) \cdot NP} \qquad (BC.5)$$

où $\mu^2_{BC} = \mu^c_F + \mu^c_{BC} + \mu^M_{BC}$

$\mu^3_{BC} = \mu^c_{BC} + \mu^M_{BC}$

BC.6 **Structure de 1975**

$$TX = CFT + CBCT + MTA + MRA$$

$$CFT = \mu^c_F \left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF \right] - ICCF \qquad (1.4)$$

CBCT : Idem (4.2)

MTA : Idem (7A.3)

MRA : Idem (7C.1)

La valeur de la mine est :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\circ) - C - CFT - CBCT - MTA - MRA\right] dt$$

$$- g_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)} + ICCF$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g(T_1) \cdot r \left[1 - a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_F^C \left((1 - a_{CF}^{TC}) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CF} + Z_{ED}^{CF} \right) - \mu_{BC}^C \left(\gamma_A \cdot Z_A^{CBC} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CBC} + Z_{ED}^{CBC} \right) - \mu_{BC}^M \left(\gamma_A \cdot Z_A^{MTA} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{MTA} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot Z_{PA}^{MTA} \right) \right]}{(1 - \mu_{BC}^2) \left[(1 - e^{-2T*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-2T*} \cdot T* \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right] - (1 - \mu_{BC}^3)(a_B + a_S) \cdot NP} \qquad (BC.6)$$

BC.7 <u>Structure de 1976</u>

$$TX = CFT + CBCT + MRT + MRA$$

$$CFT = \mu_F^C \left[PQ - C - DCF - EDCF - RACF \right] - ICCF \qquad (1.5)$$

$$CBCT = \mu_{BC}^C \left[PQ - C - DCBC - EDCBC \right] \qquad (4,3)$$

$$MRT = \mu_{BC}^R \left[PQ - C - DMRT - DV - EDMRT - PMRT \right] - CPN$$

(7B.1)

$$MRA = BR = a_B \cdot Q \cdot NP \qquad (7C.1)$$

La valeur présente nette s'écrit :

$$V = \int_{T_1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - CBCT - MRT - MRA\right] dt - g^{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

ce qui nous donne :

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r\left[1 - a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_F^c\left(1 - a_{CF}^{RA}\right)\left(1 - a_{CF}^{TC}\right) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CF} - \mu_F^c\left(\gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CF} + Z_{ED}^{CF}\right) - \mu_{BC}^c\left(\gamma_A \cdot Z_A^{CBC} + \gamma_{DU} Z_{DU}^{CBC} + Z_{ED}^{CBC}\right) - (2/3)\mu_{BC}^R\left(\gamma_A \cdot Z_A^{MRT} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{MRT} + Z_{ED}^{MRT} + x \cdot \gamma_A \cdot Z_{PA}^{MRT}\right)\right]}{\left(1 - \mu_{BC}^4\right)\left[\left(1 - e^{-rT^*}\right)\left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^*\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right] - a_B \cdot NP} \qquad (BC.7)$$

où $\mu_{BC}^4 = \mu_F^c\left(1 - a_{CF}^{RA}\right) + \mu_{BC}^c + (2/3)\mu_{BC}^R$

BC. 8 **Structure de 1977 - 80**

$$TX = CFT + CBCT + MRT$$

CFT : Idem (1.5)

$$CBCT = \mu^{c}_{BC}\left[P \cdot Q - C - DCBC - EDCBC\right] \qquad (4.3)$$

$$MRT = \mu^{R}_{BC}\left[P \cdot Q - C - DMRT - DV - EDMRT - PMRT\right] \qquad (7B.2)$$

et la valeur présente nette de la mine est :

$$V = \int_{T1}^{T*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - CBCT - MRT\right] dt$$

$$- g_{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et le prix implicite du capital qui en résulte s'écrit :

$$f_K = \frac{\xi_{(T1)} \cdot r \left[1 - a_{CF}^{TC} \cdot \gamma_A - \mu_F^{c}\left(1 - a_{CF}^{RA}\right)\left(1 - a_{CF}^{TC}\right) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CF} - \mu_F^{c}\left(\gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CF} + Z_{ED}^{CF}\right) - \mu_{BC}^{c}\left(\gamma_A \cdot Z_A^{CBC} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CBC} + Z_{ED}^{CBC}\right) - \mu_{BC}^{R}\left(\gamma_A \cdot Z_A^{MTR} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{MTR} + Z_{ED}^{MTR} + x \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{MTR}\right) \right.}{\left(1 - \mu_{BC}^{S}\right)\left[\left(1 - e^{-2T*}\right)\left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-2T*} \cdot T* \cdot \left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (BC.8)$$

où $\mu_{BC}^{S} = \mu_F^{c}\left(1 - a_{CF}^{RA}\right) + \mu_{BC}^{c} + \mu_{BC}^{R}$

4- TERRITOIRES DU NORD-OUEST

WT.1

Structure de 1960

$$TX = CFT + MTWT$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - DV - DPCF - MT \right]$$

et congé de trois ans (1.1)

$$MTWT = \delta_{WT}^m \left[P Q - C - DMWT - DV \right] \quad (8.1)$$

La valeur présente nette de la mine est :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - MTWT \right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - CFT - MTWT \right] dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

et on obtient le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g(T1)\cdot r\left[1-\Delta^{m}_{WT}\left(\gamma_A\cdot s\bar{Z}^{MWT}_{A}+\gamma_{DV}\cdot\bar{Z}^{MWT}_{DV}\right)-\mu^{c}_{F}\left(1-a^{DP}_{CF}\right)\left(\gamma_A\cdot Z^{1CF}_{A}+\gamma_{DV}\cdot Z^{1CF}_{DV}\right)-\Delta^{m}_{WT}\left(1-\mu^{c}_{F}\left(1-a^{DP}_{CF}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot s\underline{Z}^{MWT}_{A}+\gamma_{DV}\cdot\underline{Z}^{MWT}_{DV}\right)\right]}{\left[\left(1-e^{-r(T1+3)}\right)\left(1-\Delta^{m}_{WT}\right)+\left(e^{-r(T1+3)}-e^{-rT*}\right)\left(1-\mu^{1}_{WT}\right)\right]\left(P-C_Q\right)-r\cdot e^{-rT*}\cdot T^*\left[\left(1-\mu^{1}_{WT}\right)\left(P-\frac{c}{Q}\right)\right]} \qquad (WT.1)$$

où $\mu^{1}_{WT} = \mu^{c}_{F}\left(1-a^{DP}_{CF}\right)\left(1-\Delta^{m}_{WT}\right) + \Delta^{m}_{WT}$

WT.2 <u>Structure de 1961</u>

$TX = CFT + MTWT$

CFT : Idem (1.1)

$MTWT = \Delta^{m}_{WT}\left[P\cdot Q - c - DMWT - DV - PMWT\right]$

et congé fiscal (8.2)

la valeur présente nette :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c\right] dt + \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - MTWT\right] dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

ce qui donne :

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP})(\gamma_A \cdot Z_A^{1CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{1CF}) - \Delta_{WT}^{M}\left(1 - \mu_F^c(1 - a_{CF}^{DP})\right)(\gamma_A \cdot Z_A^{1MWT} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{1MWT} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{1MWT})\right]}{\left[(1 - e^{-r(T1+3)}) + (e^{-r(T1+3)} - e^{-rT^*})(1 - \mu_{WT}^1)\right](P - c_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^*\left[(1 - \mu_{WT}^1)\left(P - \frac{c}{Q}\right)\right]} \qquad \text{(WT.2)}$$

WT.3 **Structure de 1962-71**

$$TX = CFT + MTWT$$

CFT : Idem (1.1)

$$MTWT = \Delta^{m}_{WT}\left[P.Q - C - DMWT - DV - PMWT\right]$$

et congé fiscal (8.3)

La valeur de la mine est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-rt}\left[P.f(\cdot) - C\right]dt$$

$$+\int_{T_1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P.f(\cdot) - C - CFT - MTWT\right]dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{g_{f(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c \left(1 - a_{CF}^{DP}\right)\left(\gamma_A \cdot Z_A^{1CF} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{1CF}\right) - \Delta_{WT}^{M}\left(1 - \mu_F^c\left(1 - a_{CF}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A \cdot SZ_A^{1MWT} + \gamma_{DV} \cdot SZ_{DV}^{1MWT} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{1MWT}\right)\right]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+3)}\right) + \left(e^{-r(T1+3)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_{WT}^{1}\right)\right]\left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T* \left[\left(1 - \mu_{WT}^{1}\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad \text{(WT.3)}$$

WT.4 <u>Structure de 1972</u>

TX = CFT + MTWT

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est de deux ans
(1.2)

MTWT : Idem . (8.3)

La valeur nette actualisée de la mine est

$$V = \int_{T1}^{T1+2} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c\right] dt + \int_{T1+2}^{T1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT\right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - MTWT\right] dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Definissons :

$$\bar{Z}^4 = \int_{T1+2}^{T1+3} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-2)} \alpha \, dt$$

$$\bar{D}^4 = \theta \cdot \bar{Z}^4$$

$$\underline{Z}^4 = \int_{T1+3}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-2)} \alpha \, dt$$

$$\underline{D}^4 = \theta \cdot \underline{Z}^4$$

et

$$Z^2 = \int_{T1+2}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-2)} \alpha \cdot dt = \bar{Z}^4 + \underline{Z}^4$$

$$D^2 = \theta \cdot Z^2 = \bar{D}^4 + \underline{D}^4$$

le prix implicite du capital est :

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \Big[1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP}) (\gamma_A \cdot Z_A^{2CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{2CF}) + \Delta_{WT}^{M} \big(1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP}) \big) (\gamma_A \cdot SZ1_A^{MWT} + \gamma_{DU} \cdot SZ1_{DU}^{MWT} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ1_{PA}^{MWT}) \Big]}{\Big[(1 - e^{-r(T_1+2)}) + (e^{-r(T_1+2)} - e^{-r(T_1+3)}) \big(1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP})\big) + (e^{-r(T_1+3)} - e^{-rT^*}) (1 - \mu_{WT}^1) \Big] \cdot (P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot \Big[(1 - \mu_{WT}^1) \left(P - \frac{C}{Q}\right) \Big]} \qquad (WT.4)$$

où $(\gamma_A \cdot Z_A^{2CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{2CF}) = (\gamma_A \cdot \bar{Z}_A^{4CF} + \gamma_{DU} \cdot \bar{Z}_{DU}^{4CF}) + (\gamma_A \cdot \underline{Z}_A^{4CF} + \gamma_{DU} \cdot \underline{Z}_{DU}^{4CF})$

WT.5

Structure de 1973

$TX = CFT + MTWT$

CFT : Idem, sauf congé fiscal qui est d'un an.
(1.2)

MTWT : Idem (8.3)

La valeur présente nette est :

$$V = \int_{T1}^{T1+1} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c\right] \partial t + \int_{T1+1}^{T1+3} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT\right] \partial t$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - MTWT\right] \partial t - g_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Definissons :

$$\bar{Z}^5 = \int_{T1+1}^{T1+3} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-1)} \cdot \alpha \, \partial t$$

$$\bar{D}^5 = \theta \cdot \bar{Z}^5$$

$$\underline{Z}^5 = \int_{T1+3}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-1)} \cdot \alpha \cdot \partial t$$

$$\underline{D}^5 = \theta \cdot \underline{Z}^5$$

et $$Z^3 = \int_{T1+1}^{\infty} e^{-rt} \cdot e^{-\alpha(t-1)} \cdot \alpha \, dt = \bar{Z}^5 + \underline{Z}^5$$

$$D^3 = \theta \cdot Z^3 = \bar{D}^4 + \underline{D}^4$$

le prix implicite du capital est :

$$f_K = \frac{f(T1) \cdot r \left[1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP}) (\gamma_A \cdot Z_A^{3CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{3CF}) + \Delta_{WT}^{m} \left(1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP})\right) \left(\gamma_A \cdot SZ_A^{1MWT} + \gamma_{DU} \cdot SZ_{DU}^{1MWT} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{1MWT}\right) \right]}{\left[(1 - e^{-r(T1+1)}) + (e^{-r(T1+1)} - e^{-r(T1+3)}) (1 - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{DP})) + (e^{-r(T1+3)} - e^{-rT^*}) (1 - \mu_{WT}^1) \right] (P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \left[(1 - \mu_{WT}^1) \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right]} \quad (WT.5)$$

où $$\left(\gamma_A \cdot Z_A^{3CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{3CF}\right) = \left(\gamma_A \cdot \bar{Z}_A^{5CF} + \gamma_{DU} \cdot \bar{Z}_{DU}^{5CF}\right) + \left(\gamma_A \cdot \underline{Z}_A^{5CF} + \gamma_{DU} \cdot \underline{Z}_{DU}^{5CF}\right)$$

WT.6

Structure de 1974

$$TX = CFT + MTWT$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P.Q - C - DCF - EDCF \right] \qquad (1.3)$$

$MTWT$: Idem (8.3)

· la valeur de la mine :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - c - CFT \right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - c - CFT - MTWT \right] dt$$

$$- \xi_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

on obtient :

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c \left(\gamma_A \cdot \bar{Z}_A^{CF} + \gamma_{DV} \bar{Z}_{DV}^{CF} + \bar{Z}_{ED}^{CF} \right) - \mu_F^c \left(\gamma_A \cdot \underline{Z}_A^{CF} - \gamma_{DV} \cdot \underline{Z}_{DV}^{CF} - \underline{Z}_{ED}^{CF} \right) - \Delta_{WT}^M \left(\gamma_A \cdot SZ_A^{1MWT} + \gamma_{DV} \cdot SZ_{DV}^{1MWT} + \alpha \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{1MWT} \right) \right]}{\left[\left(1 - e^{-2(T1+3)}\right)\left(1 - \mu_F^c\right) + \left(e^{-2(T1+3)} - e^{-2T^*}\right)\left(1 - \mu_{WT}^2\right) \right] \left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-2T^*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu_{WT}^2\right) \left(P - \frac{C}{Q}\right) \right]}$$

où $\mu_{WT}^2 = \mu_F^c + \Delta_{WT}^M$; pour que $Z = \bar{Z} + \underline{Z}$ et que le même taux s'applique à $\bar{Z}$ et $\underline{Z}$:

$$f_K = \frac{g^{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c \left(\gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CF} + Z_{ED}^{CF} \right) - \Delta_{WT}^M \left(\gamma_A \cdot SZ_A^{1MWT} + \gamma_{DV} \cdot SZ_{DV}^{1MWT} \circ \alpha \cdot \gamma_A \cdot SZ_{PA}^{1MWT} \right) \right]}{\left[\left(1 - e^{-2(T1+3)}\right)\left(1 - \mu_F^c\right) + \left(e^{-2(T1+3)} - e^{-2T^*}\right)\left(1 - \mu_{WT}^2\right) \right] \cdot \left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-2T^*} \cdot T^* \left[\left(1 - \mu_{WT}^2\right) \left(P - \frac{C}{Q}\right) \right]}$$

(WT.6)

WT.7

Structure de 1975

$$TX = CFT + MTWT$$

$$CFT = \nu_F^c \left[P.Q - C - DCF - EDCF \right] - ICCF \qquad (1.4)$$

$$MTWT : \text{Idem} \qquad (8.3)$$

la valeur présente nette de la mine est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+3} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - C - CFT \right] dt$$

$$+ \int_{T_1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P.f(\cdot) - C - CFT - MTWT \right] dt$$

$$- \zeta_{(T_1)} \cdot K_{(T_1)} + ICCF$$

et on obtient, en se rappelant que $Z = \bar{Z} + \underline{Z}$

$$f_K = \frac{\xi(T1) \cdot r \left[1 - a_{CF}^{Tc} \cdot \gamma_A - \mu_F^c \left((1 - a_{CF}^{Tc}) \gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CF} + Z_{ED}^{CF} \right) - p_{WT}^{M} \left(\gamma_A \cdot SZ1_A^{MWT} + \gamma_{DV} \cdot SZ1_{DV}^{MWT} + x \cdot \gamma_A \cdot SZ1_{PA}^{MWT} \right) \right]}{\left[(1 - e^{-r(T1+3)})(1 - \mu_F^c) + (e^{-r(T1+3)} - e^{-2T*})(1 - \mu_{WT}^2) \right] \cdot (P - C_Q) - r \cdot e^{-2T*} \cdot T* \cdot \left[(1 - \mu_{WT}^2) \left(P - \frac{C}{Q} \right) \right]} \qquad (WT.7)$$

WT. 8

<u>Structure de 1976 - 80</u>

$$TX = CFT + MTWT$$

$$CFT = \mu_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF - RACF \right] - ICCF \qquad (1.5)$$

MTWT : Idem (8.3)

La valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - c - CFT\right]dt + \int_{T1+3}^{T*} e^{-rt}\left[P\cdot f(\cdot) - c - CFT - MTWT\right]dt - q_{(T1)}\cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et avec $\bar{Z} + \underline{Z} = Z$, le prix implicite du capital est:

$$f_K = \frac{q_{(T1)}\cdot r\left[1 - a^{TC}_{CF}\cdot\gamma_A - \mu^c_F(1-a^{RA}_{CF})(1-a^{TC}_{CF})\cdot\gamma_A\cdot Z^{CF}_A - \mu^c_F(\gamma_{DU}\cdot Z^{CF}_{DU} + Z^{CF}_{ED}) - \Delta^M_{WT}(\gamma_A\cdot SZ1^{MWT}_A + \gamma_{DU}\cdot SZ1^{MWT}_{DU} + \chi\cdot\gamma_A\cdot SZ1^{MWT}_{PA})\right]}{\left[(1-e^{-r(T1+3)})(1-\mu^c_F(1-a^{RA}_{CF})) + (e^{-r(T1+3)} - e^{-rT*})(1-\mu^3_{WT})\right]\cdot(P - C_Q) - r\cdot e^{-rT*}\cdot T*\cdot\left[(1-\mu^3_{WT})\left(P - \frac{c}{Q}\right)\right]} \quad \text{(WT.8)}$$

où $\mu^3_{WT} = \mu^c_F(1-a^{RA}_{CF}) + \Delta^M_{WT}$

5 - YUKON

Y.1 **Structure de 1960 - 71**

$$TX = CFT + MTY$$

$$CFT = u_F^c \left[P \cdot Q - C - DCF - DU - DPcF - MT \right]$$

et congé fiscal (1.1)

$$MTY = s_Y^m \left[P \cdot Q - C - DMY - DV \right] \quad (9.1)$$

La valeur de la mine s'exprime :

$$V = \int_{T1}^{T1+3} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - MTY \right] dt$$

$$+ \int_{T1+3}^{T^*} e^{-rt} \left[P \cdot f(K,W,P) - C - CFT - MTY \right] dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

Le prix implicite du capital est :

$$f_K = \frac{q(T1)\cdot r\left[1-\Delta_Y^M\left(\gamma_A S\bar{Z}_A^{MY}+\gamma_{DV}\cdot\bar{Z}_{DV}^{MY}\right)-u_F^c\left(1-a_{CF}^{DP}\right)\left(\gamma_A\cdot Z1_A^{CF}+\gamma_{DV}\cdot Z_{DV}^{1CF}\right) - \Delta_Y^M\left(1-u_F^c\left(1-a_{CF}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot S\underline{Z}_A^{MY}+\gamma_{DV}\cdot\underline{Z}_{DV}^{MY}\right)\right]}{\left[\left(1-e^{-r(T1+3)}\right)\left(1-\Delta_Y^M\right)+\left(e^{-r(T1+3)}-e^{-rT*}\right)\left(1-u_Y^1\right)\right]\cdot\left(P-C_Q\right) - r\cdot e^{-rT*}\cdot T*\left[\left(1-u_Y^1\right)\left(P-\frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (Y.1)$$

où $u_Y^1 = u_F^c\left(1-a_{CF}^{DP}\right)\left(1-\Delta_Y^M\right)+\Delta_Y^M$

Y.2 <u>Structure de 1972</u>

$TX = CFT + MTY$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal, qui est de deux ans. (1.2)

MTY : Idem (9.1)

la valeur présente nette est :

$$V = \int_{T1}^{T1+2} e^{-rt}\left[P.f(\cdot) - C - MTY\right] dt + \int_{T1+2}^{T*} e^{-rt}\left[P.f(\cdot) - C - CFT - MTY\right] dt - q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

et on obtient :

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r\left[1 - \Delta_Y^M\left(\gamma_A \cdot s\bar{Z}_A^{8MY} + \gamma_{DU} \cdot \bar{Z}_{DU}^{8MY}\right) - \mu_F^c\left(1 - a_{CF}^{DP}\right) \cdot \left(\gamma_A \cdot Z_A^{2CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{2CF}\right) - \Delta_Y^M\left(1 - \mu_F^c\left(1 - a_{CF}^{DP}\right)\right)\left(\gamma_A \cdot s\underline{Z}_A^{8MY} + \gamma_{DU} \cdot \underline{Z}_{DU}^{8MY}\right)\right]}{\left[\left(1 - e^{-r(T1+2)}\right)\left(1 - \Delta_Y^M\right) + \left(e^{-r(T1+2)} - e^{-rT*}\right)\left(1 - \mu_Y^1\right)\right] \cdot \left(P - C_Q\right) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T^* \cdot \left[\left(1 - \mu_Y^1\right)\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \quad (Y.2)$$

Y.3 **Structure de 1973**

$TX = CFT + MTY$

CFT : Idem, sauf le congé fiscal qui est d'un an. (1.2)

MTY : Idem (9.1)

la valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T_1}^{T_1+1} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - MTY\right] dt$$

$$+ \int_{T_1+1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - MTY\right] dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

ce qui nous donne :

$$\xi_K = \frac{g(T1)\cdot r\left[1-\Delta^m_Y\left(\gamma_A\cdot s\bar{Z}^{9MY}_A+\gamma_{DV}\cdot\bar{Z}^{9MY}_{DV}\right)-\mu^c_F\left(1-a^{DP}_{CF}\right)\cdot\left(\gamma_A\cdot Z^{3CF}_A+\gamma_{DV}\cdot Z^{3CF}_{DV}\right)-\Delta^m_Y\left(1-\mu^c_F\left(1-a^{DP}_{CF}\right)\right)\left(\gamma_A\cdot s\underline{Z}^{9MY}_A+\gamma_{DV}\cdot\underline{Z}^{9MY}_{DV}\right)\right]}{\left[\left(1-e^{-2(T1+1)}\right)\left(1-\Delta^m_Y\right)+\left(e^{-2(T1+1)}-e^{-2T^*}\right)\left(1-\mu^1_Y\right)\right]\cdot\left(P-C_Q\right)-r\cdot e^{-2T^*}\cdot T^*\cdot\left[\left(1-\mu^1_Y\right)\left(P-\frac{C}{Q}\right)\right]} \qquad (Y.3)$$

Y.4 <u>Structure de 1974</u>

$$TX = CFT + MTY$$

$$CFT = \mu^c_F\left[P\cdot Q - C - DCF - EDCF\right] \qquad (1.3)$$

MTY : Idem (9.1)

la valeur présente nette :

$$V = \int_{T1}^{T*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - C - CFT - MTY\right] dt$$

$$- q_{(T1)} \cdot K_{(T1)}$$

et le prix implicite du capital :

$$f_K = \frac{q_{(T1)} \cdot r \left[1 - \mu_F^c\left(\gamma_A \cdot Z_A^{CF} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{CF} + Z_{ED}^{CF}\right) - \Delta_Y^M\left(\gamma_A \cdot SZ_A^{MY} + \gamma_{DU} \cdot Z_{DU}^{MY}\right)\right]}{\left(1 - \mu_F^c - \Delta_Y^M\right)\left[(1 - e^{-rT*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT*} \cdot T^*\left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \quad (Y.4)$$

Y.5 Structure de 1975

$$TX = CFT + MTY$$

$$CFT = \mu_F^c\left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF\right] + ICCF \quad (1.4)$$

MTY : Idem (9.1)

La valeur nette actualisée s'écrit :

C9

$$V = \int_{T1}^{T^*} e^{-rt}\left[P\, f(\cdot) - c - c\,CFT - MTY\right] dt - \xi_{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

ce qui nous donne :

$$f_K = \frac{\xi_{(T1)} \cdot r \left[1 - a^{Tc}_{cF}\gamma_A - \mu^c_F\left((1-a^{Tc}_{cF})\gamma_A \cdot Z^{CF}_A + \gamma_{DV} \cdot Z^{CF}_{DV} + Z^{CF}_{ED}\right) - \Delta^M_Y\left(\gamma_A S Z^{MY}_A + \gamma_{DV} \cdot Z^{MY}_{DV}\right)\right]}{(1-\mu^c_F - \Delta^M_Y) \cdot \left[(1-e^{-2T^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-2T^*} \cdot T^* \cdot \left(P - \frac{C}{Q}\right)\right]} \quad (Y.5)$$

Y.6

Structure de 1976-80

$TX = CFT + MTY$

$CFT = \mu^c_F\left[P \cdot Q - C - DCF - EDCF - RACF\right] + ICCF \quad (1.5)$

MTY : Idem (9.1)

la valeur nette actualisée est :

$$V = \int_{T1}^{T^*} e^{-rt}\left[P \cdot f(\cdot) - c - CFT - MTY\right] dt$$

$$- g_{(T1)} \cdot K_{(T1)} + ICCF$$

et on obtient :

$$K = \frac{g_{(T1)} \cdot r \left[1 - a_{CF}^{TC} \gamma_A - \mu_F^c (1 - a_{CF}^{RA})(1 - a_{CF}^{TC}) \cdot \gamma_A \cdot Z_A^{CF} - \mu_F^c (\gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{CF} + Z_{ED}^{CF}) - \Delta_Y^M (\gamma_A \cdot S Z_A^{MY} + \gamma_{DV} \cdot Z_{DV}^{MY}) \right]}{(1 - \mu_Y^3) \cdot \left[(1 - e^{-rT^*})(P - C_Q) - r \cdot e^{-rT^*} \cdot T^* \cdot \left(P - \frac{c}{Q} \right) \right]} \qquad (Y.6)$$

où $\mu_Y^3 = \mu_F^c (1 - a_{CF}^{RA}) + \Delta_Y^M$

Ceci complète l'exposé des prix implicites après-taxes du capital pour une mine gérée par une corporation intégrée, dérivés pour cinq provinces et territoires canadiens sur la période 1960-80. Toutes les variables incluses dans ces prix sont quantifiables sauf les composantes de coût C_Q et C/Q. Il ne nous est donc pas possible à priori de chiffrer ce prix. En outre celui-ci dépend de Q, la capacité de production, si bien qu'il est impossible de chercher à l'utiliser sous cette forme. Certes, on connaît Q ex post, i.e. la capacité choisie sous le régime de taxation en place; en connaissant C_Q et C/Q, on pourrait quantifier chacun des prix obtenus. Mais ce serait une démarche inutile, puisqu'on ne pourrait faire de même pour des situations de taxation hypothétiques, étant donné qu'il faudrait avoir la mesure de Q appropriée, ce dont on ne dispose pas évidemment, parce que c'est justement cette mesure que nous recherchons! De plus, l'évaluation de ces prix n'est pas nécessaire, étant donné que l'on cherche à quantifier l'effet réel (sur Q) de la taxation et non l'incitation que celle-ci procure (en terme de variation de prix implicite). Dans cette perspective, si ces prix implicites du capital sont du point de vue théorique d'un intérêt certain, ils ne constituent qu'un point de départ de l'application empirique.

Appendice H

$$
\begin{aligned}
g(Q,\ R,\ P,\ q,\ W,\ r,\ A_0,\ A_1,\ A_2,\ A_3) = \\
& P \cdot h(Q,W,P)(1 - e^{-rR_T/Q}) \cdot A_1 \cdot Q^2 \\
& + P \cdot h(Q,W,P)(e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q}) \cdot A_2 \cdot Q^2 \\
& - C_Q \cdot h(Q,W,P)(1 - e^{-rR_T/Q})\ A_1 \cdot Q^2 \\
& - C_Q \cdot h(Q,W,P)(e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})\ A_2 \cdot Q^2 \\
& - P \cdot h(Q,W,P) \cdot r \cdot e^{-rR/Q} \cdot R \cdot A_2 \cdot Q \\
& + C \cdot h(Q,W,P) \cdot r \cdot e^{-rR/Q} \cdot R \cdot A_2 \\
& - h(Q,W,P) \cdot Q^2 \cdot A_3 - q_{(T1)} \cdot r \cdot Q^2 \cdot A_0 = 0
\end{aligned}
\tag{V.6}
$$

$$
\begin{aligned}
g_R = {} & r \cdot h(.)\{[P - C_Q] \cdot Q\ (e^{-rR_T/Q} \cdot A_1 - (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q}) \\
& \cdot A_2) + [P - \frac{C}{Q}]\ e^{-rR/Q} \cdot A_2\ (r \cdot R + Q)\}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
g_P = {} & Q^2\ [(1 - e^{-rR_T/Q}) \cdot A_1 + (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})\ A_2] \cdot [h(.) \\
& + h_P\ (P - C_Q)] - r \cdot e^{-rR/Q} \cdot R \cdot A_2 \cdot Q\ [h(.) + h_P \\
& \cdot (P - \frac{C}{Q})] - h_P \cdot Q^2 \cdot A_3
\end{aligned}
$$

$$
g_q = -Q^2 \cdot r \cdot A_0
$$

$$
\begin{aligned}
g_W = {} & Q^2\ [(1 - e^{-rR_T/Q}) \cdot A_1 + (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})\ A_2] \\
& \cdot [h_W \cdot (P - C_Q) - h(.) \cdot C_{QW}] - r \cdot e^{-rR/Q} \cdot R \cdot A_2 \\
& \cdot Q[h_W \cdot (P - \frac{C}{Q}) - \frac{h(.) \cdot C_W}{Q}] - h_W \cdot Q^2 \cdot A_3
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
g_r = {} & R \cdot e^{-rR/Q} \cdot h(.)\ [Q \cdot (A_1 + A_2)(P - C_Q) - A_2(Q - r \cdot R)(P - \frac{C}{Q})] \\
& - Q \cdot R_T \cdot e^{-rR_T/Q} \cdot A_2\ h(.)\ (P - \frac{C}{Q}) - q_{(T1)} \cdot A_0 \cdot Q^2
\end{aligned}
$$

$$g_{A_0} = - q_{(T1)} \cdot r \cdot Q^2$$

$$g_{A_1} = Q^2 \, (1 - e^{-rR_T/Q}) \cdot h(.) \cdot (P - C_Q)$$

$$g_{A_2} = Q^2 \, (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q}) \cdot h(.) \cdot (P - C_Q) - R \cdot r \cdot e^{-rR/Q} \cdot h(.) \cdot Q \cdot (P - \frac{C}{Q})$$

$$g_{A_3} = -h(.) \cdot Q^2$$

et finalement

$$g_Q = h_Q \, \{Q^2 \, [A_1 \, (1 - e^{-rR_T/Q}) + A_2 \cdot (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})] \, (P - C_Q) - R \cdot r \cdot e^{-rR/Q} \cdot A_2 \, (P.Q - C) - Q^2 \cdot A_3\} + h(.) \cdot \{[- R_T \cdot r \cdot e^{-rR_T/Q} \cdot A_1 + 2 \cdot Q \cdot A_1 \, (1 - e^{-rR/Q}) + R_T \cdot r \cdot e^{-rR_T/Q} \cdot A_2 - R \cdot r \cdot e^{-rR/Q} \cdot A_2 + 2 \cdot Q \cdot A_2 \, (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})] \, (P - C_Q) - [(1 - e^{-rR_T/Q}) \, A_1 + (e^{-rR_T/Q} - e^{-rR/Q})] \cdot Q^2 \cdot C_{QQ} - R^2 \cdot r^2 \cdot e^{-rR/Q} \cdot A_2 \, (P.Q - C) - P \cdot R. \, r \cdot e^{-rR/Q} \cdot A_2 - 2 \cdot Q \cdot A_3\} - q_{(T1)} \cdot r \cdot 2 \cdot Q \cdot A_0$$

Toutes ces dérivées sont calculées à la moyenne de l'échantillon (les barres horizontales au-dessus des variables ont été omises pour alléger l'exposition).

Appendice I

LEXIQUE DES SYMBOLES

Nous définissons les symboles en deux volets: le second regroupe toutes les variables utilisées pour illustrer la fiscalité; le premier inclut toutes les autres. Dans chaque cas, les symboles ne se succèdent pas en ordre alphabétique. Ils sont plutôt réunis selon leur catégorie, i.e. le concept illustré (ex.: les taxes, puis les taux, etc.).

. . . . . .

I En général

T1: Début de la première année de production de la mine.

T2: Fin de la dernière année de production de la mine.

T*: Durée de la période de production de la mine, exprimée en nombre d'années.

Q: Quantité de minerai extrait annuellement par la mine, exprimée en tonnes courtes par année.

Q_m: Quantité de métal m produit annuellement par la mine, exprimée en tonnes courtes par année.

$m = 1, 2, \ldots, M$

Q_M: Vecteur des Q_m, représentant la quantité de chacun des M métaux produits annuellement par la mine, exprimée en tonnes courtes par année.

g_m: Teneur du minerai en métal m: proportion de métal m présent dans une unité de minerai, exprimée en pourcentage.

$m = 1, 2, \ldots, M$

ε: Taux de recouvrement: proportion de métal m présent dans le minerai que la mine peut récupérer, exprimée en pourcentage.

$m = 1, 2, \ldots, M$

R: Réserves de minerai de la mine à la date T1, exprimées en tonnes courtes.

R_T: Réserves de minerai de la mine à la date t=T (où T > T1), exprimées en tonnes courtes.

CAP: Capacité de production du concentrateur de la mine, exprimée en tonnes courtes par année.

P_m: Prix de marché du métal m, au temps t, exprimé en dollars par tonne courte.
$m = 1, 2, \ldots, M$

P_M: Vecteur des P_m, représentant le prix de marché de chacun des M métaux produits par la mine, exprimé en dollars par tonne courte.

P: Prix de marché d'une tonne de minerai produit par la mine, exprimé en dollars par tonne courte.

W: Vecteur des prix de marché des facteurs de production variables à la période t, exprimés en dollars par unité.

$q_{(T1)}$: Prix de marché du capital à la date T1, exprimé en dollars par unité.

L: Vecteur des quantités de facteurs de production variables à la période t, exprimées en nombre d'unités.

$K_{(T1)}$: Stock de capital réel de la firme à la période T1, exprimé en nombre d'unité.

c(.), C(.): Fonction de coût variable de la firme.

δ_{T1}: Valeur du stock de capital réel de la firme en T1, exprimée en dollars.

$F(.)$: Vecteur-fonction de production de la firme.

$F^m(.)$: Fonction de production de la firme pour le métal m

$m = 1, 2, \ldots, M$

V: Valeur nette actualisée de la firme à la date T1.

r: Taux d'escompte de la firme.

$f(.)$: Relation technologique liant la capacité de production au stock de capital, aux prix des facteurs variables et à la valeur du minerai.

γ_i: Fraction de la valeur du stock de capital de la firme affectée à l'actif (à la dépense) i

i = EM, S, A, DV

où

EM: équipement-machinerie

S: structures

A: actifs tangibles (EM + S)

DV: frais de développement

δ: Taux annuel de dépréciation réelle du stock de capital de la firme

C_Q: Coût variable marginal

f_K: Productivité marginale du capital

λ: Rente de la ressource: valeur implicite d'une unité de minerai.

II Variables liées à la taxation

TX: Taxes totales imposées à la firme annuellement.

Les variables suivantes représentent l'impôt sur le revenu des corporations:

CFT: du niveau fédéral

CQT: du Québec

COT: de l'Ontario

CBCT: de la Colombie-Britannique

Les variables suivantes représentent l'impôt minier:

MTQ: du Québec

MTO: de l'Ontario

MTA: de la Colombie-Britannique (Mining Tax Act)

MTR: de la Colombie-Britannique (Mineral Resource Tax Act)

MRA: de la Colombie-Britannique (Mineral Royalties Act)

MTWT: des Territoires du Nord-Ouest

MTY: du Yukon

Les variables suivantes représentent les déductions applicables:

Dlj: Montant de la déduction annuelle pour fin d'amortissement du capital de la taxe l sous la juridiction j.

l = C, M

où

C: impôt sur le revenu des corporations

M: taxe minière

et

j = F, Q, O, BC, WT, Y

où

F: Fédéral

Q: Québec

O: Ontario

BC: Colombie-Britannique

WT: Territoires du Nord-Ouest

Y: Yukon

DV: Montant de la déduction annuelle de l'allocation pour frais de développement.

DPlj: Montant de la déduction annuelle de l'allocation d'épuisement 'automatique' de la taxe l de la juridiction j.

EDlj: Montant de la déduction annuelle de l'allocation d'épuisement gagnée de la taxe l de la juridiction j.

Plj: Montant de la déduction annuelle de l'allocation de traitement de la taxe l de la juridiction j.

RAlj: Montant de la déduction annuelle de l'allocation de ressource de la taxe l de la juridiction j.

Ilj: Montant de la déduction annuelle de l'allocation d'investissement de la taxe l de la juridiction j.

IC_{lj}: Montant du crédit d'impôt à l'investissement accordé sous la taxe l de la juridiction j.

MT: Montant de la taxe minière payable qui est déductible pour fin de calcul du revenu imposable de l'impôt sur le revenu des corporations.

Les variables suivantes représentent les taux applicables et les bases sur lesquelles ils s'appliquent.

u_j^l: Taux nominal d'imposition de la taxe l de la juridiction j.

s_j^l: Echelle de taux marginaux d'imposition de la taxe l de la juridiction j.

α_i^{lj}: Taux d'amortissement accordé à l'actif i sous l'allocation d'amortissement de la taxe l sous la juridiction j.
i = EM, S, ou A; AM, AP

α_{DV}^{lj}: Taux de l'allocation pour frais de développement de la taxe l de la juridiction j.

a_{lj}^{DP}: Taux de l'allocation d'épuisement 'automatique' de la taxe l de la juridiction j.

a_{lj}^{ED}: Taux de l'allocation d'épuisement gagnée de la taxe l de la juridiction j.

b_{lj}^{ED}: Taux de l'allocation d'épuisement gagnée pour fin de calcul de la limite annuelle permise en déduction pour la taxe l de la juridiction j.

a_{lj}^{RA}: Taux de l'allocation de ressource de la taxe l de la juridiction j.

a_{lj}^{IA}: Taux de l'allocation d'investissement de la taxe l de la juridiction j.

α_{PA}^{lj}: Taux de l'allocation de traitement de la taxe l de la juridiction j.

a_{lj}^{TC}: Taux du crédit d'impôt à l'investissement de la taxe l de la juridiction j.

$\emptyset_{i(t)}$: Solde résiduel de la base amortissable i, à la date t.
i = EM, S, ou A; AM, AP, DV

x: Proportion des actifs amortissables (i.e. A=EM+S) utilisés à l'étape du traitement du minerai.

(1-x): Proportion des actifs amortissables utilisés à l'étape de l'extraction.

Les variables suivantes sont celles utilisées pour décrire l'application du 'Mineral Royalties Act' de la Colombie-Britannique.

BR: Royauté de base.

SR: 'Super' royauté.

a_B: Taux nominal de la BR.

a_S: Taux nominal de la SR.

GV_m: Valeur brute de la production de métal m

$m = 1, 2, \ldots, M$

AGV: Valeur brute pondérée d'une unité 'composite' des M métaux.

NV_m: Valeur nette de la production de métal m.

ANV: Valeur nette pondérée d'une unité 'composite' des M métaux.

C^{SR}: Coûts de fonte et de raffinage.

C^T: Coûts de transport.

BV_m: Valeur de base du métal m

$m = 1, 2, \ldots, M$

ABV: Valeur de base pondérée d'une unité 'composite des M métaux.

NU_m: Production de métal m

$m = 1, 2, \ldots, M$

GP: Valeur d'une tonne de minerai, nette des coûts de fonte et de raffinage.

NP: Valeur d'une tonne de minerai, nette des coûts de fonte, de raffinage et de transport.

BP: Valeur de base d'une tonne de minerai.

θ^S: Fraction de la valeur brute d'une tonne de minerai correspondant aux coûts de fonte et de raffinage.

θ^{ST}: Fraction de la valeur brute d'une tonne de minerai correspondant aux coûts de fonte, de raffinage et de transport.

Finalement, les variables suivantes illustrent l'expression des différentes déductions en valeur présente.

En général:

z et D: illustrent un amortissement sur une base restante

sz et sD: illustrent un amortissement en ligne droite.

z et sz: la valeur présente pour un dollar de capital.

D et sD: la valeur présente pour le coût en capital total.

Donc, les variables qui suivent représentent la valeur présente des déductions annuelles d'amortissement sur une base restante, respectivement pour un dollar de capital, et pour le coût total en capital de type σ, pour la taxe 1 de la juridiction j:

z_{σ}^{1j}, D_{σ}^{1j}: de T1 à l'infini

$\bar{z}_{\sigma}^{1j}$, $\bar{D}_{\sigma}^{1j}$: de T1 à T1+3

$\underline{z}_{\sigma}^{1j}$, $\underline{D}_{\sigma}^{1j}$: à partir du solde résiduel en T1+3, de T1+3 à l'infini.

z_{σ}^{11j}, D_{σ}^{11j}: à partir du solde original en T1, de T1+3 à l'infini.

z_{σ}^{21j}, D_{σ}^{21j}: à partir du solde original en T1, de T1+2 à l'infini.

z_{σ}^{31j}, D_{σ}^{31j}: à partir du solde original en T1, de T1+1 à l'infini.

$\bar{z}_{\sigma}^{41j}$, $\bar{D}_{\sigma}^{41j}$: à partir du solde original en T1, de T1+2 à T1+3.

$\underline{z}_{\sigma}^{41j}$, $\underline{D}_{\sigma}^{41j}$: à partir du solde résiduel en T1+3, de T1+3 à l'infini.

$\bar{z}_{\sigma}^{51j}$, $\bar{D}_{\sigma}^{51j}$: à partir du solde original en T1, de T1+1 à T1+3.

$\underline{z}_\sigma^{51j}$, $\underline{D}_\sigma^{51j}$: à partir du solde résiduel en T1+3, de T1+3 à l'infini.

$\bar{z}_\sigma^{81j}$, $\bar{D}_\sigma^{81j}$: à partir du solde original en T1, de T1 à T1+2.

$\underline{z}_\sigma^{81j}$, $\underline{D}_\sigma^{81j}$: à partir du solde résiduel en T1+2, de T1+2 à l'infini.

$\bar{z}_\sigma^{91j}$, $\bar{D}_\sigma^{91j}$: à partir du solde original en T1, de T1 à T1+1.

$\underline{z}_\sigma^{91j}$, $\underline{D}_\sigma^{91j}$: à partir du solde résiduel en T1+1, de T1+1 à l'infini.

Similairement, les variables qui suivent représentent la valeur présente des déductions annuelles d'amortissement en ligne droite, respectivement pour un dollar de capital, et pour le coût total en capital de type σ, pour la taxe 1 de la juridiction j:

sz_σ^{1j}, sD_σ^{1j}: de T1 à $t^s = 1/\alpha_\sigma^{1j}$

$s\bar{z}_\sigma^{1j}$, $s\bar{D}_\sigma^{1j}$: de T1 à T1+3

$s\underline{z}_\sigma^{1j}$, $s\underline{D}_\sigma^{1j}$: à partir du solde résiduel en T1+3, de T1+3 à $t^s = 1/\alpha_\sigma^{1j}$

sz_σ^{11j}, sD_σ^{11j}: à partir du solde original en T1, de T1+3 à T1+3+t^s, où $t^s = 1/\alpha_\sigma^{1j}$

$s\bar{z}_\sigma^{81j}$, $s\bar{D}_\sigma^{81j}$: à partir du solde original en T1, de T1 à T1+2

$s\underline{z}_\sigma^{81j}$, $s\underline{D}_\sigma^{81j}$: à partir du solde résiduel en T1+2, de T1+2 à $t^s = 1/\alpha_\sigma^{1j}$

$s\bar{z}^{91j}_{\sigma}$, $s\bar{D}^{91j}_{\sigma}$: à partir du solde <u>original en T1</u>, de T1 à T1+1

$s\underline{z}^{91j}_{\sigma}$, $s\underline{D}^{91j}_{\sigma}$: à partir du solde <u>résiduel en T1+1</u>, de T1+1 à $t^{s} = 1/\alpha^{1j}_{\sigma}$

où α^{1j}_{σ} est le taux d'amortissement et

σ = EM, S, ou A; AM, AP, DV, ED, PA, IA;

EM: équipement-machinerie

S: structures

A: actifs tangibles (EM+S)

AM: actifs utilisés à l'extraction

AP: actifs utilisés au traitement

DV: frais de développement

ED: allocation d'épuisement gagnée

PA: allocation de traitement

IA: allocation d'investissement

Bibliographie

(1) AGRIA, S.R. 'Special Tax Treatment of Mineral Industries' dans The Taxation Income from Capital, ed. A.C. Harberger et M.J. Bailey, Washington D.C., The Brookings Institution, 1969, pp. 77-122.

(2) ARROW, K.J., CHANG, S. 'Optimal Pricing, Use and Exploration of Uncertain Natural Resource Stocks' Journal of Environmental Economics and Management, 1982, 9, pp. 1-10.

(3) BERNARD, J.-T. 'An Economic Analysis of the Taxation of the Canadian Mining Industry', Centre for the Resource Studies, Queen's University, April 1979.

(4) ________________, 'L'Evolution de la Fiscalité Minière Fédérale de 1972 à 1978' L'Actualité Economique, 1980, 56, pp. 597-610.

(5) BOADWAY, R.W. 'Investment Incentives, Corporate Taxation and Efficiency in the Allocation of Capital' The Economic Journal, 1978, 88, pp. 470-81.

(6) ________________, 'Corporate Taxation and Investment: A Synthesis of the Neo-Classical Theory' Canadian Journal of Economics, 1980, 13, pp. 250-67.

(7) ________________, BRUCE, N. 'Depreciation and Interest Deductions and the Effect of the Corporation Income Tax on Investment', Journal of Public Economics, 1979, 11, pp. 93-105.

(8) BRADLEY, P.G. 'Modelling Mining: Open Pit Copper Production in British Columbia' Resources Paper No. 31, Programme in Natural Resource Economics, University of British Columbia, 1979.

(9) ________________, HELLIWELL, J.F., LIVERNOIS, J. 'Effects of Taxes and Royalties on Copper Mining Investment in British Columbia: A Further Look' Resources Paper No. 58, Programme in Natural Resource Economics, University of British Columbia, 1981.

(10) The British Columbia Gazette, Part II Victoria, Queen's Printer for British Columbia (années diverses).

(11) BURNESS, H.S. 'On the Taxation of Nonreplenishable Nature Resources' Journal of Environmental Economics and Management, 1976, 3, pp. 289-311.

(12) BURT, O.R., CUMMINGS, R.G. 'The Economics of Production from Natural Resources: A Note' American Economic Review, December 1969, 59, pp. 985-90.

(13) ______________________ 'Production and Investment in Natural-Resource Industries' American Economic Review, 1970, 60, pp. 576-90.

(14) CAIRNS, R.D. 'A Deterministic Multiple - Grade Model of a Single Orebody' Centre for the Study of Regulated Industries, McGill University.

(15) CAMPBELL, H.F. 'The Effects of Capital Intensity on the Optimal Rate of Extraction of a Mineral Deposit' Canadian Journal of Economics, May 1980, 13(2), pp. 349-356.

(16) Canadian Tax Foundation 'Summary of Federal-Provincial Tax Arrangements' Tax Memo, May 1962, No. 31, pp. 1-7.

(17) C.C.H. Canadian Limited, Canadian Income Tax Act, Toronto, 1961-64, 1968-81.

(18) ____________________, Ontario and Quebec Corporation and Income Tax, Toronto, 1960-61, 1963-69, 1973.

(19) ____________________, Ontario Corporation and Income Tax Legislation, Toronto, 1976-80.

(20) ____________________, Quebec Corporation and Income Tax Legislation, Toronto, 1976-80.

(21) Centre for the Resource Studies, Rate-of-Return Taxation of Minerals, Proceedings No. 1, Kingston, Queen's University, 1977, 110 p.

(22) CONRAD, R.F. 'Royalties Cyclical Prices, and the Theory of the Mine' Resources and Energy, 1978, 1, pp. 139-50.

(23) ____________________ 'Mining Taxation: A Numerical Introduction' National Tax Journal, December 1980, 33, pp. 443-49.

(24) ____________________, HOOL, B. 'Resource Taxation with Heterogeneous Quality and Endogenous Reserves' Journal of Public Economics, 1981, 16, pp. 17-33.

(25) CORISTINE, J.P. 'The May 6, 1974 Budget' Canadian Tax Foundation, 1974 Conference Report, Toronto, pp. 190-195.

(26) ____________________, 'The June 23, 1975 Federal Budget Proposals' Canadian Tax Foundation, 1975 Conference Report, Toronto, pp. 394-97.

(27) CUMMINGS, R.G. 'Some Extensions of the Economic Theory of Exhaustible Resources' Western Economic Journal, September 1969, 7(3), pp. 201-210.

(28) DASGUPTA, P.S., HEAL, G.M. 'The Optimal Depletion of Exhaustible Resources' Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 1974, 41.

(29) ____________________, Economic Theory and Exhaustible Resources, Cambridge University Press, 1979, chap. 5, 6, 12.

(30) DIEWERT, W.E., 'Applications of Duality Theory' dans Frontiers of Quantitative Economics, éd. M.D. Intrilégator et D.A. Kendrick, New York, North-Holland, 1974, Volume II, chap. 3.

(31) ________________, Duality Approches to Microeconomic Theory, Stanford, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University, Technical Report No. 281, October 1978, 105 p.

(32) FORD, D.H. 'Changes in Provincial Mining Taxes in Recent Years' Canadian Tax Foundation 1968 Conference Report, Toronto, pp. 94-102.

(33) ________________ 'The Provisions of Bill C-259 as They Affect the Mining Industry' Canadian Tax Foundation 1971 Conference Report, Toronto, pp. 200-207.

(34) FRASER, G.R. 'Recent Development and Royalty Measures in the Mining Industries' Canadian Tax Foundation 1975 Conference Report Toronto, pp. 419-31.

(35) FUSS, M.A. 'The Structure of Technology over Time: A Model for testing the 'Putty-Clay' Hypothesis'. Econometrica, November 1977, 45(8), pp. 1797-1821.

(36) GAUDET, G. 'Investissement Optimal et Coûts d'Ajustement dans la Théorie Economique de la Mine' Cahier 8202 Groupe de Recherche en Economie de l'Energie, Université Laval, 1982.

(37) ________________, LASSERRE, P. 'L'Impôt sur les Sociétés Incorporées et le Coût du Capital pour l'Entreprise Minière' Université Laval et Université de Montréal (Version préliminaire, avec la permission des auteurs) Mai 1983.

(38) La Gazette du Canada, Partie II, Ottawa, Imprimeur de la Reine pour le Canada (années diverses).

(39) GORDON, R.L. 'Conservation and the Theory of Exhaustible Resources' The Canadian Journal of Economics and Political Sciences, 1966, 32, pp 319-326.

(40) ________________ 'A Reinterpretation of the Pure Theory of Exhaustion' Journal of Political Economy, June 1967, 75, pp. 274-86.

(41) GOUGEON, H.F. 'Taxation of Mining - Recent Developments in the Province of British Columbia' Canadian Tax Foundation 1974 Conference Report, Toronto, pp. 195-201.

(42) HALL, R.E., JORGENSON, D.W. 'Tax Policy and Investment Behaviour' American Economic Review, 1967, 57, pp. 391-414.

(43) ________________ 'Application of the Theory of Optimal Capital Accumulation' dans Tax Incentives and Capital Spending, ed. G. Fromm, Washington, Brookings Institution, 1971, pp. 9-60.

(44) HARBERGER, A.C. 'The Taxation of Mineral Industries' dans Taxation and Welfare, ed. A.C. Harberger, Chicago, The University of Chicago Press, 1974, pp. 208-17.

(45) ____________________ 'The Tax Treatment of Oil Exploration' dans Taxation and Welfare, ed. A.C. Harberger, Chicago, The University of Chicago Press, 1974, pp. 218-26.

(46) HELLIWELL, J.F. 'Effects of Taxes and Royalties on Copper Mining Investment in British Columbia' Resources Policy, March 1978, pp. 35-44.

(47) HERFINDALH, O.C. 'Depletion and Economic Theory' dans Extractive Resources and Taxation, ed. M. Gaffney, Madison, The University of Wisconsin Press, 1967, pp. 63-90.

(48) HOLLAND, E.N., KEMP, R.M., Canadian Taxation of Mining Income, Toronto C.C.H. Canadian Limited, 1978, 269 p.

(49) HOTELLING, H. 'The Economics of Exhaustible Resources' Journal of Political Economy, April 1931, 39, pp. 137-75.

(50) JORGENSON, D.W. 'Capital Theory and Investment Behavior' American Economic Review, 1963, 53(1), pp. 247-59.

(51) ________________ 'The Theory of Investment Behavior' dans Determinants of Investment Behaviour, ed. Robert Ferber, New York, Columbia University Press, 1967, pp. 129-155.

(52) LASSERRE, P. 'Investment Theory for the Extractive Firm with an Application to Mining' Cahier de Recherche 8116, Département de Sciences Economiques, Université de Montréal, 1981.

(53) ________________ 'Some Effects of Uncertainty on Exploration Activities and Resources Prices' Cahier de Recherche 8239, Département de Sciences Economiques, Université de Montréal, 1982.

(54) LEVHARI, D., LIVIATAN, N. 'Notes on Hotelling's Economics of Exhaustible Resources' Canadian Journal of Economics, 1977, 10, pp. 177-92.

(55) LEWIS, T.R., SLADE, M.E. 'The Effects of Price Controls, Taxes and Subsidies on Exhaustible-Resource Production' Resources Paper No. __, Programme in Natural Resource Economics, University of British Columbia, 1982.

(56) Lois du Québec, Québec, L'Editeur Officiel du Québec (années diverses).

(57) Lois du Parlement du Canada, Ottawa, Imprimeur de la Reine, pour le Canada (années diverses).

(58) MACKENZIE, B.W., BILODEAU, M.L., Effects of Taxation on Base Metal Mining in Canada, Kingston, Centre for Resource Studies, Queen's University, 1979, 190 p.

(59) O'BRIEN, E.K. 'Ontario Mining Companies - Recent Tax Developments' Canadian Tax Foundation, 1974 Conference Report, Toronto, pp. 217-224.

(60) OLEWILER, N. 'An Economic Analysis of Rate-of-Return Taxation' dans Rate-of-Return Taxation of Minerals, Proceedings No. 1, Kingston, Centre for the Resource Studies, Queen's University, 1977, pp. 51-63.

(61) Ontario Gazette, Agincourt, The Carswell Company Limited (années diverses).

(62) PINDYCK, R.S. 'The Optimal Exploration and Production of Non-Renewable Resources' Journal of Political Economy, 1978, 86(5), pp. 841-861.

(63) Price Waterhouse Associates 'Taxation of Non-Renewable Resources', appendice de Canada's Resources and the National Interest, Vancouver, 1975.

(64) Province of British Columbia Statutes Victoria, Queen's Printer for British Columbia (années diverses).

(65) The Revised Statutes of British Columbia, Victoria, Queen's Printer for British Columbia, 1960, 1979.

(66) Revised Statutes of Ontario, Toronto, The Queen's Printer, 1960, 1970, 1980.

(67) ST-ONGE, V. 'Taxation of the Mining Industry Under the Tax Reform' Canadian Tax Foundation, 1972 Conference Report, Toronto, pp. 296-309.

(68) ________________ 'Recent Quebec Tax and Royalty Proposals Relating to Mining' Canadian Tax Foundation 1975 Conference Report, Toronto, pp. 398-406.

(69) SAMUELSON, P.A. 'Tax Deductibility of Economic Depreciation to Insure Invariant Valuations' Journal of Political Economy, 1964, 72, pp. 604-606.

(70) SANDMO, A. 'Investment Incentives and the Corporate Income Tax' Journal of Political Economy, 1974, 82, pp. 287-302.

(71) SCHULZE, W.D. 'The Optimal Use of Non-Renewable Resources: The Theory of Extraction' Journal of Environmental Economics and Management, 1974, 1, pp. 53-73.

(72) SCHWORM, W.E. 'Tax Policy, Capital Use, and Investment Incentives' Journal of Public Economics, 1979, 12, pp. 191-204.

(73) SCOTT, A.T. 'The Theory of the Mine Under Conditions of Certainty' dans Extractive Resources and Taxation, ed. Mason Gaffney, Madison, The University of Wisconsin Press; 1967, pp. 25-62.

(74) SLADE, M.E. 'Taxation of Non-Renewable Resources: A Production - Function Approach' Resources Paper No. 81, Programme in Natural Resource Economics, University of British Columbia, June 1982.

(75) ________________ 'Tax Policy and the Supply of Exhaustible Resources: Theory and Practice' Resources Paper No. 83, Programme in Natural Resource Economics, University of British Columbia, September 1982.

(76) SMITH, V.L. 'Tax Depreciation Policy and Investment Theory' International Economic Review, 1963, 4, pp. 80-91.

(77) ________________ 'Economics of Production from Natural Resources' American Economic Review, June 1968, 58, pp. 409-31.

(78) SÖDERSTEN, J. 'Accelerated Depreciation and the Cost of Capital' Scandinavian Journal of Economics, 1982, 84(1), pp. 111-115.

(79) SOLOW, R.M. 'Intergenerational Equity and Exhaustible Resources' Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 1974, 41, pp. 29-46.

(80) ____________ 'The Economics of Resources or the Resources of Economics', American Economic Review, 64(2), May 1974, pp. 1-14.

(81) ____________, WAN, F.Y. 'Extraction Costs in the Theory of Exhaustible Resources' The Bell Journal of Economics, 1976, 7, pp. 359-70.

(82) Statutes of the Province of Ontario, Toronto, Queen's Printer for Ontario (années diverses).

(83) Statut de la Province de Québec, Québec, Imprimeur de la Reine (années diverses).

(84) Statuts Révisés du Canada 1970, Ottawa, Imprimeur de la Reine pour le Canada, 1970.

(85) STIGLITZ, J.E. 'Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths' Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 1974, 41, pp. 123-38.

(86) ____________ 'Growth with Exhaustible Natural Resources: The Competitive Economy' Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 1974, 41, pp. 139-52.

(87) ____________ 'The Corporation Tax' Journal of Public Economics, 1976, 5, pp. 303-11.

(88) ________________ 'Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources' American Economic Review, September 1976, 66, pp. 655-61.

(89) ________________, DASGUPTA, P. 'Market Structure and Resource Depletion: A contribution to the Theory of Intertemporal Monopolistic Competition' Journal of Economic Theory, 1982, 28, pp. 128-164.

(90) STRIKEMAN, H.H. ed Income Tax Act Annotated, Toronto, Richard De Boo Limited, 1961, 1962-63, 1969, 1971-73, 1975-81.

(91) SWEENEY, J.L. 'Economics of Depletable Resources: Market Forces and Intertemporal Biais' Review of Economic Studies, February 1977, 44, pp. 125-41.

(92) ULPH, A.M. 'A Model of Resource Depletion with Multiple Grades' The Economic Record, December 1978, 54, pp. 334-45.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier M. Pierre Lasserre qui, en sa qualité de directeur de thèse, m'a offert conseils et encouragements. Sa confiance et sa disponibilité m'ont permis de faire de mes recherches une expérience enrichissante. Je remercie également messieurs André Martens et François Vaillancourt dont les commentaires ont permis d'améliorer ce texte. Finalement, je suis reconnaissant envers le ministère des Finances du Canada qui m'a permis de réaliser la dactylographie de ce texte. En particulier je remercie Joanne Richer, Angela Béland et Barry McGuire.