

Université de Bordeaux 4
Master 1 TEI
Examen final, 1ère session
2004-2005
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Les ressources halieutiques,

en insistant notamment sur les points suivants :

- la typologie des modes d'appropriation ;
- l'équilibre du secteur de la pêche ;
- les critères d'une gestion efficace ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

LES PRODUCTEURS

Considérer les technologies de production suivantes des entreprises $j = 1, 2$:

$$f_1(z_1) = (1 - 3 z_1/2) z_1$$

$$f_2(z_2) = (1 - 2 z_2/2) z_2$$

où z_1 et z_2 sont les quantités rejetées.

- a) Définir, interpréter et déterminer les coûts de la dépollution marginale Cm_1 et Cm_2 des deux firmes.
- b) Représenter graphiquement Cm_1 .
- c) Définir le coût total de la dépollution marginale Cm . Donner son interprétation précise.
- d) Construire graphiquement la courbe du coût total de la dépollution marginale Cm . Expliquer la marche à suivre.
- e) Donner l'expression de Cm , à partir du graphique ou par le calcul.

LES CONSOMMATEURS

Considérer maintenant les préférences suivantes des consommateurs $i = 1, 2$:

$$U_1(x_1, z) = x_1 - z^2/10$$

$$U_2(x_2, z) = x_2 - 3 z^2/10$$

où :

x_1 et x_2 sont les revenus des deux consommateurs,
 $z = z_1 + z_2$ est la quantité rejetée par les deux entreprises.

- f) Définir et déterminer les coûts des dommages de la pollution marginale Dm_1 et Dm_2 .
- g) Calculer le coût social des dommages de la pollution marginale Dm .
- h) Faire la représentation graphique de Dm .

L'ETAT OPTIMAL

- i) Définir l'état optimal de l'économie. Rappeler les conditions qu'il doit vérifier.
- j) Soit z^* la quantité de pollution totale, z_1^* et z_2^* les quantités rejetées par les deux entreprises à l'état optimal. Déterminer ces quantités. Calculer la valeur de Dm évaluée à l'optimum social.

MARCHE DE DROITS DE POLLUER

Supposons que l'Etat distribue z^* droits de polluer (on suppose que 1 droit de polluer équivaut à 1 unité de polluant).

- k) Définir l'état d'équilibre du marché de droits de polluer.
- l) En notant p le prix d'un droit de polluer, écrire la condition entre Cm_1 et p , pour que le profit de l'entreprise 1 soit maximum. En déduire la quantité z_1^o qui maximise le profit de l'entreprise 1 en fonction de p .
- m) Montrer que si $p = 2/5$, le marché des droits de polluer est en équilibre et les pollueurs 1 et 2 rejettent les quantités z_1^* et z_2^* pour maximiser leur profit.

Université de Bordeaux 4
Master 1 TEI
Examen final, 1ère session
2005-2006
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Comparaison des instruments réglementaires et économiques
d'une politique d'environnement,

en insistant notamment sur les points suivants :

- la définition et la classification des instruments ;
- le rôle de l'information ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

On considère le problème de ressource épuisable suivant :

On note :

q_0 = extraction à la date 0 ;

q_1 = extraction à la date 1 ;

S_0 = stock initial ;

$U(q)$ = utilité instantanée de la consommation d'une quantité q ;

$C(q)$ = coût d'extraction d'une quantité q ;

W = utilité intertemporelle du plan d'extraction q_0, q_1 .

On pose :

$S_0 = 1$;

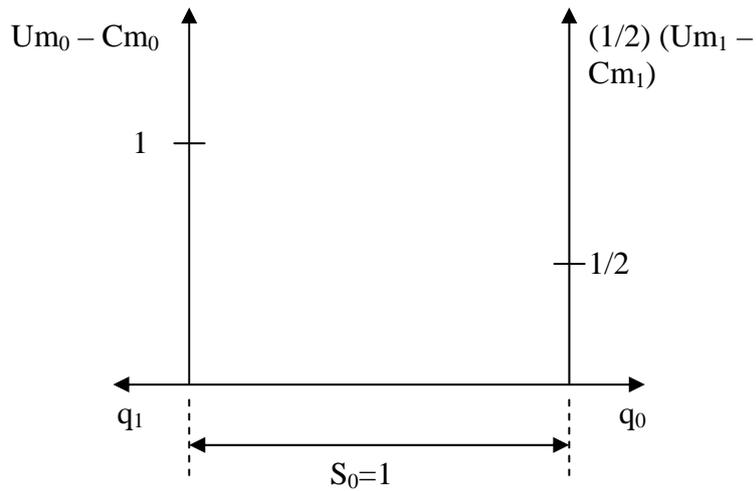
$U(q) = q(1 - q/2)$,

$C(q) = q^2/4$,

$W = (U(q_0) - C(q_0)) + (1/2)(U(q_1) - C(q_1))$,

où $(1/2)$ est le facteur d'actualisation.

- 1) Interpréter l'expression de W . Que signifie le facteur d'actualisation $(1/2)$?
- 2) Calculer l'utilité marginale U_m de la consommation de q . Interpréter.
- 3) Calculer le coût marginal C_m de l'extraction de q . Interpréter.
- 4) Rappeler les propriétés caractérisant le plan d'extraction optimal (q_0^*, q_1^*) .
- 5) Reproduire puis compléter le graphique suivant, pour faire apparaître les quantités q_0^* et q_1^* vérifiant la règle d'Hotelling.



Légende : on rappelle que $(1/2)$ est le taux d'actualisation. On note :

U_{m_0}, C_{m_0} = utilité et coût marginaux à la date 0 (pour la quantité q_0) ;

U_{m_1}, C_{m_1} = utilité et coût marginaux à la date 1 (pour la quantité q_1) ;

6) En utilisant le 4), calculer q_0^* et q_1^* .

7) Définir la rente de rareté de la date t , notée R_t . Calculer R_0 et R_1 .

8) Énoncer et interpréter la règle de Hotelling. (on notera ici que le taux d'intérêt i correspondant à un taux d'actualisation de $1/2$ vérifie : $1/(1+i) = 1/2$; il est donc égal à 100 % par période).

Université de Bordeaux 4
Master 1 TEI
Examen final, 2-ième session
2005-2006
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Les propriétés positives et normatives de l'équilibre bio-économique,

en insistant notamment sur les points suivants :

- le rôle des droits de propriété sur la ressource ;
- le comportement des pêcheurs ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

Soit une économie composée de deux consommateurs $i = 1, 2$ et deux entreprises $j = 1, 2$.

On note :

$$\begin{aligned} z_j &= \text{rejets de l'entreprise } j ; \\ z &= z_1 + z_2 = \text{pollution totale} ; \\ Dm^-, Dm^+ &= \text{dommages marginaux de types } - \text{ et } + ; \\ Cm^-, Cm^+ &= \text{coûts marginaux de types } - \text{ et } + ; \end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned} Dm^- &= z/2 ; \\ Dm^+ &= 3z/2 ; \\ Cm^- &= 1 - z^-/2 ; \\ Cm^+ &= 1 - 2z^+/3 ; \end{aligned}$$

où : z désigne la pollution totale, z^- et z^+ représentent les rejets de l'entreprise utilisant la technologie $-$ et $+$ respectivement.

On sait que :

- le consommateur 1 est caractérisé par Dm^- ;
- le consommateur 2 est caractérisé par Dm^+ ;
- le producteur 1 est caractérisé par Cm^- ;
- le producteur 2 est caractérisé par Cm^+ ;

1) Déterminer l'état optimal de cette économie.

Hypothèse 1 : On suppose que le régulateur (en charge de définir la politique d'environnement) croît que :

- les consommateurs 1 et 2 sont caractérisés par Dm^- ;
- le producteur 1 est caractérisé par Cm^- ;
- le producteur 2 est caractérisé par Cm^+ ;

Autrement dit, il estime (à tort) que les deux consommateurs sont peu sensibles à la pollution ; par contre, il ne se trompe pas sur les technologies utilisées par les entreprises.

2) Calculer l'état visé par le régulateur (ce serait l'état optimal de l'économie, si les croyances du régulateur, données dans l'hypothèse 1, étaient exactes).

3) Si le régulateur utilise une taxe, déterminer :

- a) le montant de la taxe pour atteindre l'état que le régulateur croît optimal ;
- b) l'état réellement atteint ;
- c) le coût social des croyances erronées du régulateur.

4) Si le régulateur met en place un marché de droits de polluer, déterminer :

- a) le nombre de permis à distribuer pour atteindre l'état que le régulateur croît optimal ;
- b) l'état réellement atteint ;
- c) le coût social des croyances erronées du régulateur.

Hypothèse 2 : On suppose que le régulateur (en charge de définir la politique d'environnement) croît que :

- le consommateur 1 est caractérisé par Dm^- ;
- le consommateur 2 est caractérisé par Dm^+ ;
- les producteurs 1 et 2 sont caractérisés par Cm^- ;

Autrement dit, il estime (à tort) que les deux entreprises utilisent la technologie Cm^- ; par contre, il ne se trompe pas au sujet des préférences des consommateurs.

5) Calculer l'état visé par le régulateur (ce serait l'état optimal de l'économie, si les croyances du régulateur, données dans l'hypothèse 2, étaient exactes).

6) Si le régulateur utilise une taxe, déterminer :

- a) le montant de la taxe pour atteindre l'état que le régulateur croît optimal ;
- b) l'état réellement atteint ;
- c) le coût social des croyances erronées du régulateur.

7) Si le régulateur met en place un marché de droits de polluer, déterminer :

- a) le nombre de permis à distribuer pour atteindre l'état que le régulateur croît optimal ;
- b) l'état réellement atteint ;
- c) le coût social des croyances erronées du régulateur.

8) Rappeler les conclusions de l'analyse de Weitzman (1974) sur la comparaison des instruments en incertitude. Faites le lien avec l'exercice présent.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 1-ière session
2006-2007
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Définir et comparer les deux instruments de politique d'environnement suivants :

- 1) les taxes sur la pollution
- 2) les subventions de la dépollution,

en insistant notamment sur les points suivants :

- les effets distributifs ;
- la différence entre le court terme et le long terme ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

On considère une économie exploitant une ressource naturelle non renouvelable.

On note :

$$\begin{aligned} S_0 &= \text{Stock initial ;} \\ U(q) &= \text{Utilité de la consommation de } q \text{ unités de la ressource ;} \\ C(q) &= \text{Coût d'extraction de } q \text{ unités de la ressource ;} \\ r &= \text{taux d'intérêt.} \end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned} U(q) &= \ln(q) ; \\ C(q) &= q/S, \end{aligned}$$

où S désigne le stock de la ressource restant au moment de l'extraction.

- 1) Calculer l'utilité de la dernière unité consommée de la ressource. On notera $P(q)$ le résultat.
- 2) Calculer le coût de la dernière unité extraite de la ressource. On notera C_m le résultat.
- 3) Donner une interprétation économique du résultat de la question précédente.

Pour tout t , on note :

$$\begin{aligned} q_t &= \text{Quantité extraite et consommée au cours de la période entre les dates } t \text{ et } t + 1 ; \\ S_t &= \text{Stock restant à la date } t. \end{aligned}$$

- 4) Déterminer l'expression de la rente de rareté à la date t , notée R_t , en fonction de q_t et de S_t .

On veut déterminer la trajectoire d'extraction optimale de la ressource. Autrement dit :

$$\text{On cherche une suite de quantités extraites } q_0, q_1, \dots, q_t, \dots,$$

pour maximiser l'utilité intertemporelle $\sum_{t=0}^{\infty} (1+r)^{-t} (U(q_t) - C(q_t))$,
sous la contrainte d'extraction $q_0 + q_1 + \dots + q_t + \dots \leq S_0$.

On note $(q_t^0) = (q_0^0, q_1^0, \dots, q_t^0, \dots)$ la solution de ce problème.

5) Donner les conditions vérifiées par la trajectoire d'extraction optimale (q_t^0) , en utilisant la formulation de Hotelling (règle de Hotelling).

6) Rappeler le raisonnement économique justifiant ces conditions.

Considérons la trajectoire $(q_t^*) = (q_0^*, q_1^*, \dots, q_t^*, \dots)$, définie par :

(H) : $q_t^* = r S_t / (1+r)$, pour tout t.

Elle consiste à extraire, à chaque période, une part fixe $r/(1+r)$ du stock de la ressource S_t restant en début de période.

On se propose maintenant d'étudier les propriétés de la trajectoire issue de l'hypothèse (H).

7) Sous l'hypothèse (H), déterminer S_{t+1} , en fonction de S_t .

8) Sous l'hypothèse (H), exprimer les rentes de rareté R_t et R_{t+1} , en fonction de S_t .

9) En déduire la valeur de $(R_{t+1} - R_t) / R_t$.

10) Sous l'hypothèse (H), montrer que S_t tend vers 0 quand t tend vers l'infini.

11) Conclure.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 2-ième session
2006-2007
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Enoncer et tirer les conséquences du théorème de Coase,

en traitant notamment les points suivants :

- la distribution initiale des droits de propriété sur l'environnement ;
- les coûts de transaction ;
- l'utilité des politiques d'environnement ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

On considère une entreprise exerçant une activité polluante et devant payer une taxe sur ses rejets de polluants.

On note :

$$\begin{aligned} z &= \text{Rejets de l'entreprise ;} \\ f_0(z) &= \text{Fonction de production de l'entreprise ;} \\ t &= \text{Taxe unitaire sur les rejets.} \end{aligned}$$

On pose :

$$f_0(z) = (1 - z/2) z.$$

- 1) Déterminer le coût marginal de dépollution de l'entreprise, noté Cm_0 .
- 2) Sur la feuille jointe en Annexe 1, faire la représentation graphique de Cm_0 .
- 3) Déterminer l'équilibre z_0^* de l'entreprise en fonction de la taxe t (c'est-à-dire la quantité qui maximise le profit de l'entreprise sachant qu'elle paye la taxe t).
- 4) Sur la figure de l'annexe 1, faire apparaître :
 - la taxe t ;
 - les rejets z_0^* ;
 - la production $f_0(z_0^*)$;
 - les taxes payées $t z_0^*$;
 - le profit π_0^* .
- 5) Calculer le profit π_0^* de l'entreprise (soit directement, soit à partir du 4)).

On suppose maintenant que l'entreprise développer une technologie plus propre.

On note :

$$r = \text{Dépense en R\&D ;}$$

$f_1(z)$ = Fonction de production après la dépense r .

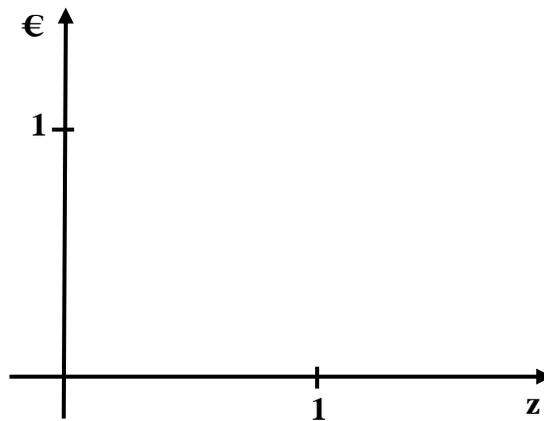
On pose :

$$f_1(z) = 1/4 + (1 - z/2) z/2.$$

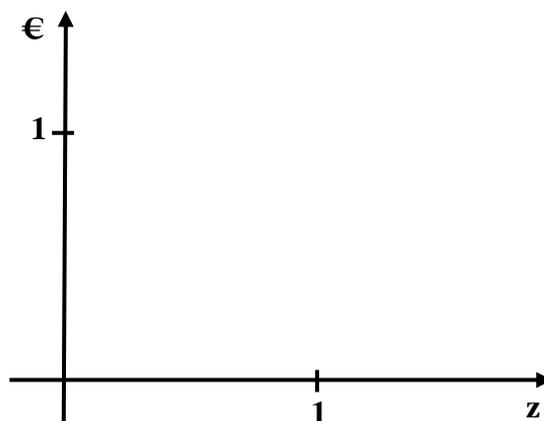
Reprendre les questions 1) à 5) précédentes, en les numérotant 1') à 5'), en utilisant la feuille jointe en Annexe 2 et en notant à l'aide d'un indice 1 les nouveaux résultats (C_{m1} , z_1^* , $f_1(z_1^*)$, $t z_1^*$ et π_1^*).

6) Calculer le gain de profits de l'entreprise si elle adopte la technologie 1 plutôt que la technologie 0. A quelle condition sur la dépense r en R&D et sur la taxe t l'entreprise va-t-elle développer la technologie propre ?

Annexe 1



Annexe 2



Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 2-ième session
2007-2008
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Le principe pollueur-payeur,

en insistant notamment sur les points suivants :

- les différentes définitions possibles de ce principe ;
- le lien avec le commerce international ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercices : 10 points

Exercice 1 : On considère une économie, caractérisée par le coût marginal social C_m et le dommage marginal social D_m .

On pose :

$$\begin{aligned}C_m &= 100 - z, \\D_m &= z,\end{aligned}$$

où z est la pollution totale dans l'économie.

ETAT OPTIMAL

- 1) Déterminer l'état optimal z^o de cette économie.
- 2) Faire une représentation graphique.

Pour déterminer sa politique, on suppose que le régulateur utilise des estimations de C_m et D_m , notées \underline{C}_m et \underline{D}_m .

On pose :

$$\begin{aligned}\underline{C}_m &= 70 - z, \\ \underline{D}_m &= z + 10.\end{aligned}$$

TAXATION DES REJETS

On suppose que le régulateur instaure une taxe sur la pollution.

- 3) Calculer le montant de la taxe t choisi par le régulateur, s'il suit le principe de la taxation pigouvienne, sachant qu'il utilise les informations \underline{C}_m et \underline{D}_m .
- 4) Dédire l'équilibre économique associé à cette politique. (Noter z^* la pollution associée.)

MARCHE DE DROITS DE POLLUER

On suppose que le régulateur crée un marché de droits de polluer.

- 5) Calculer le nombre de droits de polluer Z choisi le régulateur, sachant qu'il utilise les informations C_m et D_m .
- 6) Déterminer l'équilibre du marché des droits de polluer. (Noter p^* le prix d'équilibre du marché.)

COMPARAISON

- 7) Faire une représentation graphique des résultats précédents, en y faisant apparaître le coût de l'information imparfaite du régulateur, selon qu'il utilise une taxe ou un marché de droits de polluer.
- 8) Calculer le coût de l'information imparfaite du régulateur et en déduire le meilleur instrument de la politique d'environnement.

Exercice 2 : On étudie la répartition d'une ressource épuisable entre deux générations. On note :

$$S_0 = \text{Stock initial ;}$$

$$q_t = \text{Quantité consommée par la génération } t \text{ (} t = 1, 2\text{)}$$

$$U_t(q_t) = \text{Utilité de la génération } t \text{ (} t = 1, 2\text{)}$$

On pose :

$$S_0 = 1$$

$$U_1(q_1) = 5(1 - q_1/2) q_1$$

$$U_2(q_2) = 8(1 - q_2/2) q_2$$

- 1) Vérifier que la répartition $(q_1^0, q_2^0) = (2/3, 1/3)$ maximise la fonction d'objectif Maximin $W = \min\{U_1(q_1), U_2(q_2)\}$.
- 2) Vérifier que la répartition $(q_1^0, q_2^0) = (5/9, 4/9)$ maximise la fonction d'objectif additive actualisée $W = U_1(q_1) + \delta U_2(q_2)$, avec $\delta = 1/2$.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 2-ième session
2007-2008
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 10 points

Traiter le thème suivant :

Enoncer et tirer les conséquences du théorème de Coase,

en traitant notamment les points suivants :

- la distribution initiale des droits de propriété sur l'environnement ;
- les coûts de transaction ;
- l'utilité des politiques d'environnement ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice : 10 points

On considère une économie exploitant une ressource naturelle non renouvelable.

On note :

$$\begin{aligned} S_0 &= \text{Stock initial ;} \\ U(q) &= \text{Utilité de la consommation de } q \text{ unités de la ressource ;} \\ C(q) &= \text{Coût d'extraction de } q \text{ unités de la ressource ;} \\ r &= \text{taux d'intérêt.} \end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned} U(q) &= \ln(q) ; \\ C(q) &= q/S, \end{aligned}$$

où S désigne le stock de la ressource restant au moment de l'extraction.

- 1) Calculer l'utilité de la dernière unité consommée de la ressource. On notera $P(q)$ le résultat.
- 2) Calculer le coût de la dernière unité extraite de la ressource. On notera C_m le résultat.
- 3) Donner une interprétation économique du résultat de la question précédente.

Pour tout t , on note :

$$\begin{aligned} q_t &= \text{Quantité extraite et consommée au cours de la période entre les dates } t \text{ et } t + 1 ; \\ S_t &= \text{Stock restant à la date } t. \end{aligned}$$

- 4) Déterminer l'expression de la rente de rareté à la date t , notée R_t , en fonction de q_t et de S_t .

On veut déterminer la trajectoire d'extraction optimale de la ressource. Autrement dit :

$$\begin{aligned} &\text{On cherche une suite de quantités extraites } q_0, q_1, \dots, q_t, \dots \\ &\text{pour maximiser l'utilité intertemporelle } \sum_{t=0}^{\infty} (1+r)^{-t} (U(q_t) - C(q_t)), \end{aligned}$$

sous la contrainte d'extraction $q_0 + q_1 + \dots + q_t + \dots \leq S_0$.

On note $(q_t^0) = (q_0^0, q_1^0, \dots, q_t^0, \dots)$ la solution de ce problème.

5) Donner les conditions vérifiées par la trajectoire d'extraction optimale (q_t^0) , en utilisant la formulation de Hotelling (règle de Hotelling).

6) Rappeler le raisonnement économique justifiant ces conditions.

Considérons la trajectoire $(q_t^*) = (q_0^*, q_1^*, \dots, q_t^*, \dots)$, définie par :

(H) : $q_t^* = r S_t / (1 + r)$, pour tout t .

Elle consiste à extraire, à chaque période, une part fixe $r/(1 + r)$ du stock de la ressource S_t restant en début de période.

On se propose maintenant d'étudier les propriétés de la trajectoire issue de l'hypothèse (H).

7) Sous l'hypothèse (H), déterminer S_{t+1} , en fonction de S_t .

8) Sous l'hypothèse (H), exprimer les rentes de rareté R_t et R_{t+1} , en fonction de S_t .

9) En déduire la valeur de $(R_{t+1} - R_t) / R_t$.

10) Sous l'hypothèse (H), montrer que S_t tend vers 0 quand t tend vers l'infini.

11) Conclure.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 1-ière session
2008-2009
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 6 points

Traiter le thème suivant :

Le modèle proie-prédateur :
construction et interprétation du diagramme des phases,

en prenant soin de définir les notions suivantes :

- l'accroissement naturel de la population de poissons,
- l'effort de pêche et le prélèvement du secteur de la pêche,
- la propriété de libre accès à la zone de pêche et ses conséquences,

et en vous efforçant d'utiliser les notations du cours, notamment :

$F(x)$ = accroissement naturel de la population de poissons ;

E = effort de pêche ;

h = prélèvement ;

q = coefficient de prétabilité ;

p = prix du poisson ;

c = coût de l'unité d'effort de pêche.

Exercice 1 : 10 points

On considère une économie comportant un consommateur et une entreprise.

On note :

x = consommation du consommateur ;

z = rejets de l'entreprise et pollution ambiante.

La fonction d'utilité du consommateur est :

$$U(x, z) = x - z^2.$$

La fonction de production de l'entreprise est :

$$f(z) = (1 - z) z/2.$$

Partie I – Etat optimal.

- 1) Définir et calculer le dommage marginal D_m du consommateur.
- 2) Définir et calculer le coût marginal C_m de l'entreprise.
- 3) Déterminer l'état optimal z^o de cette économie.
- 4) Faire une représentation graphique illustrant vos résultats.

Partie II – Equilibre du marché walrasien.

On admet dans cette partie l'hypothèse suivante.

Hypothèse 1. Les institutions interdisent aux agents économiques de négocier des contrats portant sur l'environnement.

- 5) Si la loi autorise l'entreprise de polluer, quel sera l'équilibre de cette économie ?
- 6) Même question si la loi accorde au consommateur le droit à un environnement non pollué.

Partie III – Equilibre du marché coasien.

On admet maintenant l'hypothèse suivante.

Hypothèse 2. Les institutions accordent aux agents économiques le droit de négocier des contrats sur l'environnement. Les coûts de transaction sont nuls.

- 7) Définir la notion de coûts de transaction.
- 8) Enoncer le théorème de Coase.

En argumentant et en illustrant à l'aide de figures, traiter les deux questions suivantes :

- 9) Si la loi autorise l'entreprise de polluer, quel sera l'équilibre de cette économie ?
- 10) Même question si la loi accorde au consommateur le droit à un environnement non pollué.

Partie IV – Les coûts de transaction.

On admet finalement l'hypothèse suivante.

Hypothèse 3. Les institutions accordent aux agents économiques le droit de négocier des contrats sur l'environnement. Les coûts de transaction sont positifs.

- 11) Si la loi autorise l'entreprise de polluer, quel est le montant maximum des coûts de transaction pour qu'un contrat mutuellement avantageux existe entre le consommateur et le producteur ?
- 12) Même question si la loi accorde au consommateur le droit à un environnement non pollué.
- 13) Comparer les deux valeurs seuils obtenus aux questions 10 et 11. Conclure.

Exercice 2 : 4 points

On étudie la répartition d'une ressource épuisable entre deux générations.

On note :

$$\begin{aligned} S_0 &= \text{Stock initial ;} \\ q_t &= \text{Quantité consommée par la génération } t \text{ (} t = 1, 2 \text{)} \\ U_t(q_t) &= \text{Utilité de la génération } t \text{ (} t = 1, 2 \text{)} \end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned} S_0 &= 1 \\ U_1(q_1) &= 5(1 - q_1/2) q_1 \\ U_2(q_2) &= 8(1 - q_2/2) q_2 \end{aligned}$$

- 1) Vérifier que la répartition $(q_1, q_2) = (2/3, 1/3)$ maximise la fonction d'objectif Maximin $W = \min\{U_1(q_1), U_2(q_2)\}$.
- 2) Vérifier que la répartition $(q_1, q_2) = (5/9, 4/9)$ maximise la fonction d'objectif additive actualisée $W = U_1(q_1) + \delta U_2(q_2)$, pour $\delta = 1/2$.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA
Examen final, 2-ième session
2008-2009
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de synthèse : 6 points

Traiter le thème suivant :

Gestion optimale d'une ressource épuisable,

en abordant les points suivants :

- les deux fonctions d'objectifs et leur interprétation ;
- les trajectoires d'extraction optimale associées ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice 1 : 7 points

On considère une entreprise exerçant une activité polluante et devant payer une taxe sur ses rejets de polluants.

On note :

$$\begin{aligned} z &= \text{Rejets de l'entreprise ;} \\ f_0(z) &= \text{Fonction de production de l'entreprise ;} \\ t &= \text{Taxe unitaire sur les rejets ; } 0 < t < 1 ; \end{aligned}$$

On pose :

$$f_0(z) = (1 - z/2) z.$$

- 1) Déterminer le coût marginal de dépollution de l'entreprise, noté Cm_0 .
- 2) Sur la feuille jointe en Annexe 1, faire la représentation graphique de Cm_0 .
- 3) Déterminer l'équilibre z_0^* de l'entreprise en fonction de la taxe t (c'est-à-dire la quantité qui maximise le profit de l'entreprise, sachant qu'elle paye la taxe t).
- 4) Sur la figure de l'annexe 1, faire apparaître :
 - la taxe t ;
 - les rejets z_0^* ;
 - la production $f_0(z_0^*)$;
 - les taxes payées $t z_0^*$;
 - le profit π_0^* .
- 5) Calculer le profit π_0^* de l'entreprise (soit directement, soit à partir du 4)).

On suppose maintenant que l'entreprise développe une technologie plus propre.

On note :

$$\begin{aligned} r &= \text{Dépenses en R\&D ;} \\ f_1(z) &= \text{Fonction de production après la dépense } r. \end{aligned}$$

On pose :

$$f_1(z) = 2(1 - z) z.$$

Reprendre les questions 1) à 5) précédentes, en les numérotant 1') à 5'), en utilisant la feuille jointe en Annexe 2 et en notant à l'aide d'un indice 1 les nouveaux résultats (C_{m1} , z_1^* , $f_1(z_1^*)$, $t z_1^*$ et π_1^*).

6) Calculer le gain de profits de l'entreprise si elle adopte la technologie 1 plutôt que la technologie 0. A quelle condition sur la dépense r en R&D et sur la taxe t l'entreprise va-t-elle développer la technologie propre ?

Exercice 2 : 7 points

On considère le problème de pêcherie suivant :

On définit :

$$\begin{aligned} x &= \text{l'état de la population de poissons,} \\ E &= \text{l'effort de pêche,} \\ F(x) &= \text{l'accroissement naturel de la population de poissons,} \\ h &= \text{le prélèvement par le secteur de la pêche,} \\ p &= \text{le prix de vente du poisson,} \\ c &= \text{le coût unitaire de l'effort de pêche.} \end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned} F(x) &= (1 - x/2) x, \\ h &= E x, \\ p &= 2c = 1. \end{aligned}$$

Construction du modèle de Gordon-Schaefer.

A la date initiale, on observe l'état de la population de poissons $x_0 = 2$.

Partant de cette situation, on fixe un effort de pêche à un niveau E , compris entre 0 et 1, pour tout l'avenir.

- Exprimer l'état de la population de poissons à long terme, en fonction de E .
- En déduire les recettes totales RT du secteur de la pêche à long terme, en fonction de E .
- Représenter sur une même figure la recette totale RT et le coût total CT du secteur de la pêche.

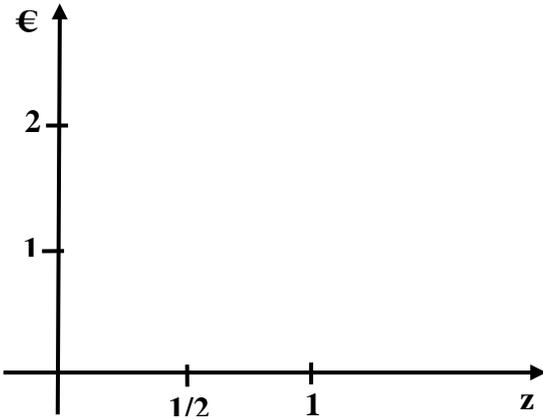
Equilibre du secteur de la pêche.

- Définir la notion d'équilibre bio-économique.
- Déterminer les valeurs correspondantes de E , x et h , notées respectivement E^* , x^* , et h^* .

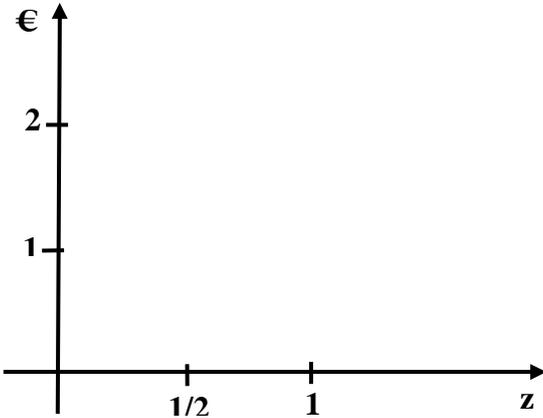
Etat optimal du secteur de la pêche.

- Définir l'état optimal du secteur de la pêche.
- Déterminer les valeurs correspondantes de E , x et h , notées respectivement E° , x° , et h° .

Annexe 1



Annexe 2



Université de Bordeaux 4
Master 1 EA – Majeure Environnement
Examen final, 1-ière session
2009-2010
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 6 points

Traiter le thème suivant :

Définir et comparer les deux instruments de politique d'environnement suivants :

- 1) les taxes sur la pollution
- 2) les subventions de la dépollution,

en insistant notamment sur les points suivants :

- les effets distributifs ;
- la différence entre le court terme et le long terme ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercice 1 : 8 points

On considère une économie comportant deux consommateurs ($i = 1, 2$) et deux entreprises ($j = 1, 2$).

On note :

x_i = consommation du consommateur i ;

z_j = rejets de l'entreprise j ;

z = pollution ambiante.

La fonction d'utilité des consommateurs est :

$$U_i(x_i, z) = x_i - z^2/400.$$

La fonction de production de l'entreprise est :

$$f_j(z_j) = (1 - z_j/100) z_j.$$

Partie I – Etat optimal.

- 1) Définir et calculer le dommage marginal Dm_i d'un consommateur i .
- 2) Même question pour le dommage marginal social, noté Dm .
- 3) Définir et calculer le coût marginal Cm_j d'une entreprise j .
- 4) Même question pour le coût marginal social, noté Cm .
- 5) Déterminer l'état optimal z_1° , z_2° et z° de cette économie.
- 6) Faire une représentation graphique illustrant vos résultats.

Partie II – Equilibre de marché.

On suppose ici qu'il n'existe pas de marché pour l'environnement.

- 7) Définir et calculer l'équilibre de marché z_1^* , z_2^* et z^* de cette économie.
- 8) Faire une représentation graphique illustrant vos résultats.

Partie III – Information imparfaite.

On suppose maintenant que le régulateur met en œuvre une politique d'environnement en situation d'information imparfaite.

Plus précisément, on admet l'hypothèse suivante.

Hypothèse. Le régulateur connaît le dommage marginal social et ne dispose que d'une estimation du dommage marginal social, donnée par $\underline{Cm} = 1/2 - z/100$.

Si le régulateur choisit d'utiliser une taxe sur les rejets des entreprises :

- 9) Déterminer la valeur de la taxe, notée t , sachant l'information \underline{Cm} .
- 10) Calculer l'équilibre économique associé à cette politique d'environnement.

Si le régulateur choisit d'utiliser un marché de droits de polluer :

- 11) Déterminer le nombre de droits de polluer à distribuer, noté Z , sachant l'information \underline{Cm} .
- 12) Calculer l'équilibre du marché des droits de polluer.

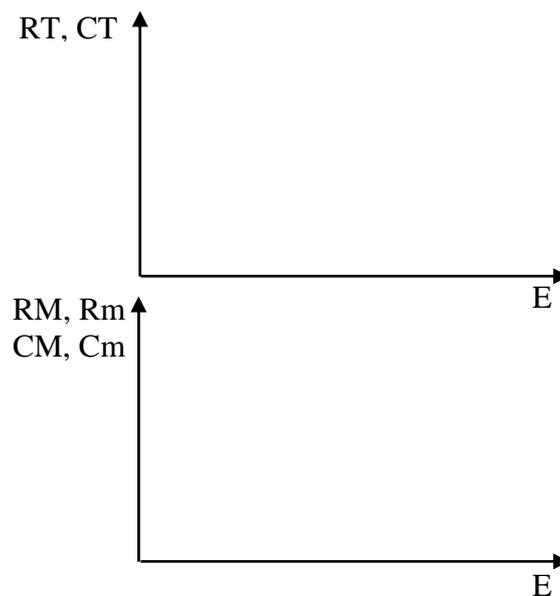
- 13) Faire une représentation graphique des résultats.
- 14) Trouver le coût de l'erreur de mesure de Cm pour chaque instrument.

Exercice 2 : 4 points

Soit la spécification suivante du modèle Gordon-Schaefer (elle s'obtient en posant $K = p = q = r = 1$ et $c = 1/3$) :

$$RT = E - E^2 ;$$
$$CT = E/3.$$

- 1) Calculer RM et Rm .
- 2) Calculer CM et Cm .
- 3) Compléter la figure suivante, en veillant à la cohérence d'ensemble du graphique :



- 4) Définir, déterminer et représenter graphiquement l'état de Prélèvement Maximum Soutenable.
- 5) Définir, déterminer et représenter graphiquement l'état bio-économique.
- 6) Définir, déterminer et représenter graphiquement l'état optimal.

Exercice 3 : 2 points.

On étudie la répartition d'une ressource épuisable entre deux générations.

On note :

S_0 = Stock initial ;

δ = facteur d'actualisation social ;

q_t = Quantité consommée par la génération t ($t = 1, 2$) ;

$U_t(q_t)$ = Utilité de la génération t ($t = 1, 2$).

On pose :

$$S_0 = 3,$$

$$\delta = 1/2,$$

$$U_1(q_1) = \ln(q_1),$$

$$U_2(q_2) = \ln(q_2).$$

Déterminer le plan d'extraction optimal associé à la fonction d'objectif intertemporel additive actualisée suivante :

$$W = U_1(q_1) + \delta U_2(q_2).$$

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA – Majeure Environnement
Examen final, 2-ième session
2009-2010
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 6 points.

Traiter le thème suivant :

Le théorème de Coase,

en ayant soin d'insister sur le point suivants :

- l'énoncé et l'explication des hypothèses du théorème ;
- la démonstration du théorème à l'aide d'une illustration graphique.

Exercice 1 : 6 points.

Soit une économie comportant 2 consommateurs, indicés $i = 1, 2$, et 2 producteurs, indicés $j = 1, 2$.

Les fonctions d'utilité des consommateurs s'écrivent :

$$U_i = x_i - d_i(z)$$

où :

$$d_1(z) = z^2/50,$$

$$d_2(z) = z^2/200.$$

Les fonctions de production des producteurs s'écrivent :

$$f_1(z_1) = (1 - z_1/8) z_1,$$

$$f_2(z_2) = (1 - z_2/12) z_2,$$

- 1) Calculer le dommage marginal des consommateurs.
- 2) Calculer le dommage marginal social.
- 3) Calculer le coût marginal de dépollution d'un producteur.
- 4) Calculer le coût marginal social.
- 5) Déterminer l'état optimal z_1^o , z_2^o et z^o de l'économie.
- 6) Énoncer la politique d'environnement à suivre pour décentraliser l'état optimal de l'environnement en utilisant :
 - a) des normes de rejets ;
 - b) une taxe sur les rejets ;
 - c) un marché de droits de polluer.

Exercice 2 : 4 points

On considère le problème de ressource épuisable suivant :

On note :

q_1 = extraction à la date 1 ;

q_2 = extraction à la date 2 ;

S_0 = stock initial ;

$U(q)$ = utilité instantanée de la consommation d'une quantité q ;

W = utilité intertemporelle du plan d'extraction (q_1, q_2) .

On pose :

$S_0 = 3$;

$U(q) = \ln(q)$;

$W = U(q_1) + (1/2) U(q_2)$;

où $(1/2)$ est le facteur d'actualisation.

- 1) Interpréter l'expression de W . Que signifie le facteur d'actualisation $(1/2)$?
- 2) Calculer l'utilité marginale U_m de la consommation de q . Interpréter.
- 3) Rappeler les propriétés caractérisant le plan d'extraction optimal (q_1°, q_2°) .
- 4) En déduire q_1° et q_2° .

Pour la suite, on suppose que le stock S_0 appartient à deux propriétaires-exploitants, possédant chacun un stock initial $s_0 = 3/2$. Le coût d'extraction de la ressource est nul par hypothèse.

On note :

(q_1, q_2) = le plan d'extraction du propriétaire 1 ;

(Q_1, Q_2) = le plan d'extraction du propriétaire 2 ;

(p_1^*, p_2^*) = la trajectoire des prix d'équilibre de la ressource, aux dates 1 et 2 ;

$i = 100\%$ = le taux d'intérêt du marché financier ;

$P(q) = 1/q$ = la fonction de demande sur le marché de la ressource.

- 5) Exprimer la valeur actualisée nette (VAN) des flux de profits des propriétaires.
- 6) Rappeler les propriétés caractérisant un équilibre des propriétaires.
- 7) Montrer que la trajectoire de prix $(p_1^*, p_2^*) = (1/2, 1)$ et les plans d'extraction $(q_1^*, q_2^*) = (Q_1^*, Q_2^*) = (1, 1/2)$ forment un équilibre de marché (symétrique et avec anticipation parfaite). (NB : cette question est difficile ; n'y passez pas trop de temps si vous bloquez.)

Exercice 3 : 4 points

On considère une zone de pêche et une population de poissons présente sur la zone de pêche.

On note :

x = le stock de poissons ;

$F(x)$ = l'accroissement naturel de la population de poissons ;

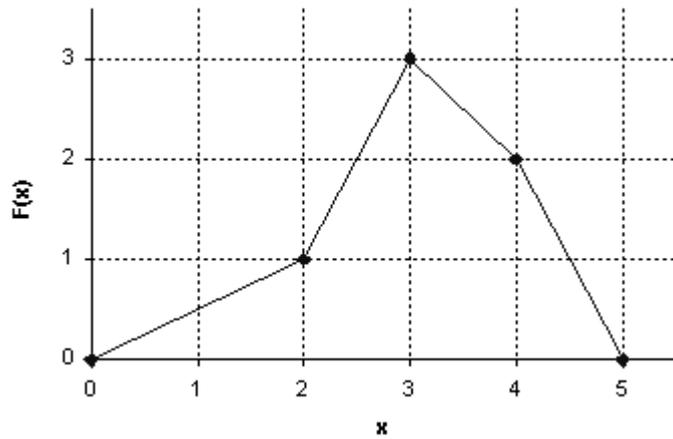
E = l'effort de pêche ;

h = le prélèvement.

La fonction $F(x)$ est donnée implicitement par le graphe suivant :

Tableau de données

x	F(x)
0	0
2	1
3	3
4	2
5	0



Le prélèvement h est donné par :

$$h = E x$$

- Donner l'équation déterminant la dynamique d'évolution de x .
- On fixe $E = 1/4$. Représenter $F(x)$ et $h = 1/4 x$ sur un même graphique. Déterminer la dynamique de la population de poissons pour toute valeur initiale x_0 (rechercher les équilibres stationnaires, étudier leur stabilité, commenter...).
- Même question pour $E = 2/3$.

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA – Majeure Environnement
Examen final, 1-ière session
2010-2011
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 5 points

Traiter le thème suivant :

Les propriétés positives et normatives de l'équilibre bio-économique,

en insistant notamment sur les points suivants :

- le rôle des droits de propriété sur la ressource ;
- le comportement des pêcheurs ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

Exercices :

Exercice 1 : 2 points

On considère une économie comportant I consommateurs identiques.

On note :

x_i = consommation du consommateur i ;

z = pollution ambiante.

La fonction d'utilité des consommateurs est :

$$U_i(x_i, z) = x_i - z^2/2.$$

- 1) Définir et calculer le dommage marginal Dm_i d'un consommateur i.
- 2) En supposant que $I = 2$, définir et calculer le dommage marginal social, noté Dm .
- 3) Même question pour un nombre quelconque I de consommateurs.

Exercice 2 : 2 points

On considère une économie comportant J producteurs identiques.

On note :

z_j = rejets du producteur j ;

La fonction de production de l'entreprise est :

$$f_j(z_j) = (1 - z_j/2) z_j.$$

- 1) Définir et calculer le coût marginal Cm_j d'un consommateur j.
- 2) En supposant que $I = 2$, définir et calculer le coût marginal social, noté Cm .
- 3) Même question pour un nombre quelconque J de producteurs.

Exercice 3 : 5 points

On considère une économie, caractérisée par le coût marginal social C_m et le dommage marginal social D_m .

On pose :

$$\begin{aligned}C_m &= 50 - z, \\D_m &= z,\end{aligned}$$

où z est la pollution totale dans l'économie.

- 1) Déterminer l'état optimal z° de cette économie.
- 2) Faire une représentation graphique.
- 3) Calculer le surplus social à l'état optimal.
- 4) Déterminer l'équilibre de l'économie si le régulateur
 - a) applique une taxe $t = 20$ €par unité émise ;
 - b) met en place un marché de droits de polluer et distribue $Z = 30$ droits de polluer.

Exercice 4 : 6 points

On étudie l'exploitation d'une ressource épuisable par J propriétaires privés identiques sur deux périodes.

On note :

$$\begin{aligned}S_0 &= \text{Stock initial ;} \\ \delta &= \text{Facteur d'actualisation ;} \\ q_t &= \text{Quantité extraite pendant la période } t \text{ (} t = 1, 2 \text{) ;} \\ c_t &= \text{Coût d'extraction unitaire pendant la période } t \text{ (} t = 1, 2 \text{) ;} \\ P(q) &= \text{Fonction de demande.}\end{aligned}$$

On pose :

$$\begin{aligned}S_0 &= 10, \\ \delta &= 1/2, \\ c_1 &= 5 \text{ et } c_2 = 10, \\ P(q) &= 20 - q.\end{aligned}$$

Partie I – Cas d'un monopole.

On suppose ici que $J = 1$. L'unique propriétaire du stock S_0 est donc en situation de monopole sur le marché de la ressource.

- 1) Calculer la recette totale RT du monopole.
- 2) En déduire la recette marginale R_m du monopole.
- 3) Ecrire les conditions caractérisant un plan d'extraction d'équilibre du monopole.
- 4) Déterminer le plan d'extraction d'équilibre du monopole, noté (q_1^*, q_2^*) .

Partie II – Cas de la concurrence pure et parfaite.

On suppose ici que $J = 10$, chaque propriétaire détenant un stock initial $s_0 = 1$ ($= S_0/10$). On admet que les conditions d'une concurrence pure et parfaite sont réunies.

- 5) Ecrire les conditions caractérisant un équilibre (symétrique et avec anticipation parfaite) du marché de la ressource.
- 6) Déterminer l'équilibre du marché de la ressource, noté (p_1^{**}, p_2^{**}) et (q_1^{**}, q_2^{**}) .

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA – Majeure Environnement
Examen final, 2-ième session
2010-2011
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 6 points.

Traiter le thème suivant :

Définir et discuter les différents instruments de régulation des pêcheries,

en insistant notamment sur les points suivants :

- leur acceptabilité par le secteur de la pêche ;
- leur éventuels effets pervers à long terme ;

et en respectant les règles de rédaction d'une dissertation.

GESTION DES POLLUTIONS

Exercice 1 : 2 points.

Soit une économie comportant 2 consommateurs, $i = 1, 2$.

On note :

z = la pollution ambiante.

Les fonctions d'utilité des consommateurs s'écrivent :

$$U_i = x_i - d_i(z),$$

où :

$$d_1(z) = 10 z^2,$$

$$d_2(z) = 15 z^2.$$

- 1) Définir et calculer les dommages marginaux, notés Dm_1 et Dm_2 , des consommateurs.
- 2) Définir et calculer le dommage marginal social, noté Dm .

Exercice 2 : 2 points

On considère une économie comportant 2 producteurs, $j = 1, 2$.

On note :

z_j = rejets du producteur j .

Les fonctions de production des entreprises sont :

$$f_1(z_1) = (10 - z_1/4) z_1,$$

$$f_2(z_2) = (10 - z_2/6) z_2.$$

- 1) Définir et calculer les coûts marginaux, notés Cm_1 et Cm_2 , des producteurs.
- 2) Définir et calculer le coût marginal social, noté Cm .

Exercice 3 : 4 points.

On étudie ici le marché européen du CO₂.

On note :

z = les émissions de CO2 des entreprises assujetties (en millions de tonnes) ;

p = le prix de la tonne de CO2 sur le marché ;

C_m = le coût marginal social, caractérisant les entreprises assujetties ;

D_m = le dommage marginal social, mesurant l'impact du changement climatique, sur l'ensemble de l'Union Européenne.

On pose :

$C_m = 400 (1 - z/2000)$ (€/tonne) ;

$D_m = 50$ (€/tonne).

Remarques : Le choix de C_m s'inspire de Ellerman, Convery et de Perthuis (2010). Le choix de D_m est arbitraire (et, a priori, surestimé). Noter que D_m est constant et ne dépend pas de z .

1) Représenter graphiquement C_m et D_m . (On prendra comme échelle : pour l'axe des abscisses, de 0 à 2000 millions de tonnes ; pour l'axe des ordonnées : de 0 à 400 €/tonne.)

On supposera, ci-dessous, que les entreprises assujetties au marché du CO2 choisissent, à tout moment, leurs émissions de CO2 pour maximiser leur profit.

2) Quelles étaient les émissions des entreprises soumises au marché du CO2, avant l'entrée en vigueur du marché européen du CO2, en 2004 ?

3) Sachant que le prix du CO2 était, en moyenne, égale à 18 €/tonne, quelles étaient les émissions des entreprises soumises au marché du CO2, après l'entrée en vigueur du marché européen du CO2, en 2005 ?

4) En déduire la réduction des émissions par rapport consécutive à la mise en place du marché européen du CO2.

5) Quel a été le coût supporté par les entreprises soumises au marché du CO2, en contrepartie de cette réduction des émissions ?

6) Calculer l'état optimal du marché du CO2.

GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

Exercice 4 : 4 points

On considère l'exploitation par un monopole d'une ressource épuisable.

On note :

T = horizon d'exploitation ;

i = taux d'intérêt ;

$\delta = 1/(1 + i)$ = facteur d'actualisation ;

q_0 = extraction à la date 0 ;

q_1 = extraction à la date 1 ;

S_0 = stock initial ;

$P(q)$ = fonction de demande inverse ;

c = coût unitaire d'extraction.

On pose :

$T = 1$;

$\delta = 1/2$;

$S_0 = 20$;

$P(q) = 700 - 10q$;

$c = 100$.

- 1) Déterminer l'expression de la recette totale du monopole, notée RT.
- 2) En déduire la recette marginale du monopole, notée Rm.
- 3) Donner l'expression de la valeur actualisée nette, notée VAN.
- 4) Rappeler les propriétés caractérisant le plan d'extraction d'équilibre (q_1^* , q_2^*).
- 5) En déduire q_1^* et q_2^* .

Exercice 5 : 3 points

On considère le modèle Gordon-Schaefer suivant :

On définit :

E = l'effort de pêche,
 RT = la recette totale du secteur de la pêche.
 CT = le coût total du secteur de la pêche.

On pose :

$$RT = (10 - E/2) E,$$
$$CT = 2 E.$$

- 1) Calculer l'effort du pêche correspondant à la situation de prélèvement maximum soutenable, noté E_{PMS} .
- 2) Calculer l'effort du pêche correspondant à l'équilibre bio-économique, noté E^* .
- 3) Calculer l'effort du pêche correspondant à la situation optimale, noté E° .

Université de Bordeaux 4
Master 1 EA – Economie de l'Environnement
Examen final
2011-2012
Economie de l'environnement et des ressources naturelles
Durée : 4 heures

Question de cours : 4 points.

Définir et interpréter les notions suivantes :

- le dommage marginal social de la pollution ;
- le coût marginal social de la dépollution.

Exercices : 16 points.

Exercice 1 : 8 points.

On considère une économie comportant 2 producteurs, $j = 1, 2$.

On note :

$$z_j = \text{rejets du producteur } j.$$

Les fonctions de production des entreprises sont :

$$f_1(z_1) = (100 - z_1/20) z_1,$$

$$f_2(z_2) = (100 - z_2/80) z_2.$$

- 1) Définir et calculer les coûts marginaux, notés Cm_1 et Cm_2 , des producteurs.
- 2) Calculer le coût marginal social, noté Cm .
- 3) En faire la représentation graphique (abscisses de 0 à 5000 ; ordonnées de 0 à 100).
- 4) Calculer l'aire sous la courbe Cm , entre les abscisses 0 et z . Que représente-elle ?

Exercice 2 : 8 points.

On étudie ici le marché européen du CO₂.

On note :

z = les émissions de CO₂ des entreprises assujetties (en millions de tonnes) ;

p = le prix de la tonne de CO₂ sur le marché ;

Cm = le coût marginal social, caractérisant les entreprises assujetties ;

Dm = le dommage marginal social, mesurant l'impact du changement climatique, sur l'ensemble de l'Union Européenne.

On pose :

$$Cm = 400 (1 - z/2000) \text{ (€tonne) ;}$$

$$Dm = 50 \text{ (€tonne).}$$

Remarques : Le choix de Cm s'inspire de Ellerman, Convery et de Perthuis (2010). Le choix de Dm est arbitraire (et, a priori, surestimé). Noter que Dm est constant et ne dépend pas de z .

- 1) Représenter graphiquement Cm et Dm . (On prendra comme échelle : pour l'axe des abscisses, de 0 à 2000 millions de tonnes ; pour l'axe des ordonnées : de 0 à 400 €tonne.)

On supposera, ci-dessous, que les entreprises assujetties au marché du CO₂ choisissent, à tout moment, leurs émissions de CO₂ pour maximiser leur profit.

- 2) Quelles étaient les émissions des entreprises soumises au marché du CO₂, avant l'entrée en vigueur du marché européen du CO₂, en 2004 ?
- 3) Sachant que le prix du CO₂ était, en moyenne, égale à 18 €/tonne, quelles étaient les émissions des entreprises soumises au marché du CO₂, après l'entrée en vigueur du marché européen du CO₂, en 2005 ?
- 4) En déduire la réduction des émissions par rapport consécutive à la mise en place du marché européen du CO₂.
- 5) Quel a été le coût supporté par les entreprises soumises au marché du CO₂, en contrepartie de cette réduction des émissions ?
- 6) Calculer l'état optimal du marché du CO₂.